

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-319469
(P2002-319469A)

(43)公開日 平成14年10月31日(2002. 10. 31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テマコード*(参考)
H 0 1 T 13/20		H 0 1 T 13/20	B 3 G 0 1 9
F 0 2 P 13/00	3 0 1	F 0 2 P 13/00	3 0 1 J 5 G 0 5 9
H 0 1 T 13/32		H 0 1 T 13/32	
13/39		13/39	
13/40		13/40	

審査請求 未請求 請求項の数38 O L (全 16 頁)

(21)出願番号 特願2002-23520(P2002-23520)
(22)出願日 平成14年 1 月31日(2002. 1. 31)
(31)優先権主張番号 特願2001-35932(P2001-35932)
(32)優先日 平成13年 2 月13日(2001. 2. 13)
(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004695
株式会社日本自動車部品総合研究所
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地
(71)出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(72)発明者 三輪 哲也
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
(74)代理人 100096998
弁理士 碓氷 裕彦 (外1名)

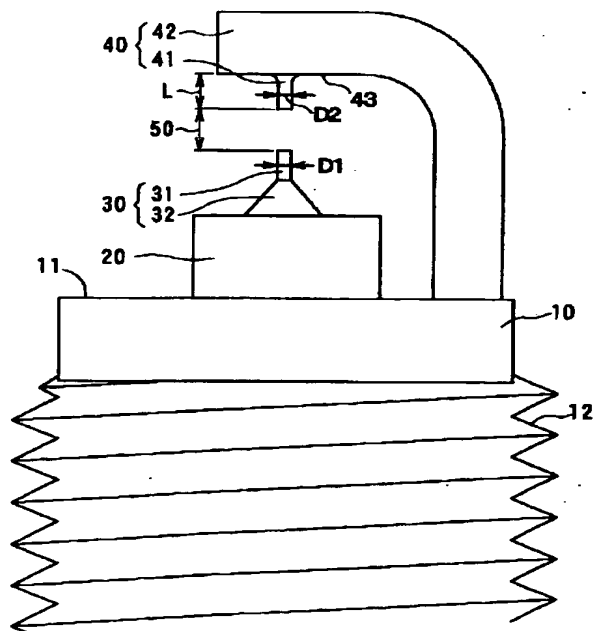
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 点火プラグおよびそれを用いた点火装置

(57)【要約】

【課題】 点火エネルギーを低くするように点火プラグの電極形状を適切に規定することで、点火装置の省電力化を図る。また、両突出電極を有する点火プラグにおいて、着火性を確保しつつ、磨耗を低減できる点火プラグを得ることを目的とする。

【解決手段】 中心電極30の一端部31および接地電極40の突出部41の各直径DD2を共に2.3mm以下とすることで、点火エネルギーを17mJ未満としている。また、接地電極径ΦDが0.4mm以上2.3mm以下であり、接地電極突出し長さh(mm)が点火エネルギーE(mJ)との間に着火性確保しつつ、磨耗を低減できるよう関係式を定める。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 内燃機関に取付可能な取付金具（10）と、

この取付金具内に絶縁保持され、一端部（31）が円柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部（11）から露出して延びる中心電極（30）と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面（43）が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極（40）と、を有する点火プラグを備え、前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる円柱状の突出部（41）が形成されており、

前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ（50）として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに直径が2.3mm以下であり、点火エネルギーが17mJ未満であることを特徴とする点火装置。

【請求項2】 内燃機関に取付可能な取付金具（10）と、

この取付金具内に絶縁保持され、一端部（31）が円柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部（11）から露出して延びる中心電極（30）と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面（43）が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極（40）と、を有する点火プラグを備え、前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる円柱状の突出部（41）が形成されており、

前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ（50）として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに直径が2.3mm以下であり、点火エネルギー密度が32W未満であることを特徴とする点火装置。

【請求項3】 内燃機関に取付可能な取付金具（10）と、

この取付金具内に絶縁保持され、一端部（31）が円柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部（11）から露出して延びる中心電極（30）と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面（43）が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極（40）と、を備える点火プラグにおいて、

前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる円柱状の突出部（41）が形成されており、

前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ（50）として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに直径が2.3mm以下であり、前記放電ギャップが0.7mm以下であることを特徴とする点火プラグ。

【請求項4】 前記取付金具（11）の外周面には、前記内燃機関とネジ結合するためのネジ部（12）が形成されており、このネジ部のネジ径がM12以下であることを特徴とする請求項3に記載の点火プラグ。

【請求項5】 内燃機関に取付可能な取付金具（10）と、

この取付金具内に絶縁保持され、一端部（31）が円柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部（11）から露出して延びる中心電極（30）と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面（43）が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極（40）と、を備える点火プラグにおいて、

前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる円柱状の突出部（41）が形成されており、

前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ（50）として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに直径が2.3mm以下であり、前記接地電極における前記突出部の突出長さ（L）が、0.3mm以上であることを特徴とする点火プラグ。

【請求項6】 前記突出長さ（L）が1.5mm以下であることを特徴とする請求項5に記載の点火プラグ。

【請求項7】 前記中心電極（30）の一端部（31）および前記接地電極（40）の突出部（41）は、ともに直径が1.1mm以下であることを特徴とする請求項3ないし6のいずれか1つに記載の点火プラグ。

【請求項8】 請求項3ないし7のいずれか1つに記載の点火プラグ（S1）と、

前記点火プラグにおける前記中心電極（30）と前記接地電極（41）との間に電圧を印加するための点火電源（60）とを備えることを特徴とする点火装置。

【請求項9】 請求項3または4に記載の点火プラグ（S1）と、

前記点火プラグにおける前記中心電極（30）と前記接地電極（40）との間に電圧を印加するための点火コイルを有する点火電源（60）とを備え、前記点火コイルの直径がφ22mm以下であることを特徴とする点火装置。

【請求項10】 内燃機関に取付可能な取付金具（10）、前記取付金具内に絶縁保持され一端部（31）が円柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端

部(11)から露出して延びる中心電極(30)、および、一端側が前記取付金具の一端部に接合され他端側の一面(43)が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極(40)を有する点火プラグと、前記中心電極および前記接地電極の間に電圧を印加するための点火電源(60)とを備える点火装置において、前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる円柱状の突出部(41)が形成されており、前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ(50)として形成されており、前記中心電極の一端部および接地電極の突出部は、ともに直径が2.3mm以下であり、前記接地電極における前記突出部は、白金合金またはイリジウム合金よりなり、前記点火電源によって、放電時に前記中心電極に正の電圧が印加されるようになっていないことを特徴とする点火装置。

【請求項11】 前記中心電極(30)の一端部(31)および前記接地電極(40)の突出部(41)は、ともに直径が1.1mm以下であることを特徴とする請求項1、2、および10のいずれか1つに記載の点火装置。

【請求項12】 内燃機関に取付可能な取付金具(10)と、この取付金具内に絶縁保持され、一端部(31)が柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面(43)が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極(40)と、を有する点火プラグを備え、前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる柱状の突出部(41)が形成されており、前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ(50)として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積4.2mm²以下であり、点火エネルギーが17mJ未満であることを特徴とする点火装置。

【請求項13】 内燃機関に取付可能な取付金具(10)と、この取付金具内に絶縁保持され、一端部(31)が柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面(43)が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極(40)と、を有する点火プラグを備え、

前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる柱状の突出部(41)が形成されており、前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ(50)として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積4.2mm²以下であり、点火エネルギー密度が32W未満であることを特徴とする点火装置。

【請求項14】 内燃機関に取付可能な取付金具(10)と、この取付金具内に絶縁保持され、一端部(31)が柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面(43)が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極(40)と、を備える点火プラグにおいて、前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる柱状の突出部(41)が形成されており、前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ(50)として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積4.2mm²以下であり、前記放電ギャップが0.7mm以下であることを特徴とする点火プラグ。

【請求項15】 前記取付金具(11)の外周面には、前記内燃機関とネジ結合するためのネジ部(12)が形成されており、このネジ部のネジ径がM1.2以下であることを特徴とする請求項14に記載の点火プラグ。

【請求項16】 内燃機関に取付可能な取付金具(10)と、この取付金具内に絶縁保持され、一端部(31)が柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)と、一端側が前記取付金具の一端部に接合され、他端側の一面(43)が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極(40)と、を備える点火プラグにおいて、前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる柱状の突出部(41)が形成されており、前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ(50)として形成されており、前記中心電極の一端部および前記接地電極の突出部は、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積4.2mm²以下であり、前記接地電極における前記突出部の突出長さ(L)が、

0.3mm以上であることを特徴とする点火プラグ。

【請求項17】 前記突出長さ(L)が1.5mm以下であることを特徴とする請求項16に記載の点火プラグ。

【請求項18】 前記中心電極(30)の一端部(31)および前記接地電極(40)の突出部(41)は、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積 1mm^2 以下であることを特徴とする請求項14ないし17のいずれか1つに記載の点火プラグ。

【請求項19】 請求項14ないし18のいずれか1つに記載の点火プラグ(S1)と、

前記点火プラグにおける前記中心電極(30)と前記接地電極(41)との間に電圧を印加するための点火電源(60)とを備えることを特徴とする点火装置。

【請求項20】 請求項14または15に記載の点火プラグ(S1)と、

前記点火プラグにおける前記中心電極(30)と前記接地電極(40)との間に電圧を印加するための点火コイルを有する点火電源(60)とを備え、

前記点火コイルの直径が $\phi 2.2\text{mm}$ 以下であることを特徴とする点火装置。

【請求項21】 内燃機関に取付可能な取付金具(10)、前記取付金具内に絶縁保持され一端部(31)が柱状をなすとともに当該一端部が前記取付金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)、および、一端側が前記取付金具の一端部に接合され他端側の一面(43)が前記中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極(40)を有する点火プラグと、
前記中心電極および前記接地電極の間に電圧を印加するための点火電源(60)とを備える点火装置において、
前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極側へ延びる柱状の突出部(41)が形成されており、
前記中心電極の一端部と前記接地電極の突出部との対向間隔が放電ギャップ(50)として形成されており、
前記中心電極の一端部および接地電極の突出部は、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積 4.2mm^2 以下であり、

前記接地電極における前記突出部は、白金合金またはイリジウム合金よりなり、

前記点火電源によって、放電時に前記中心電極に正の電圧が印加されるようにしていることを特徴とする点火装置。

【請求項22】 前記中心電極(30)の一端部(31)および前記接地電極(40)の突出部(41)は、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積 1mm^2 以下であることを特徴とする請求項12、13、および21のいずれか1つに記載の点火装置。

【請求項23】 内燃機関に取り付け可能な取り付け金具(10)と、

この取り付け金具内に絶縁保持され、一端部(31)が円柱状をなすとともに当該一端部が前記取り付け金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)と、

一端側が前記取付金具の一端側に接合され、他端側の一面(43)が前記中心電極の一端側に対向するように延びる接地電極(40)と、を有し、点火エネルギーE(mJ)を印加され前記中心電極、接地電極間を着火に導く点火プラグを備え、

前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極へ延びる円柱状の突出部(41)が形成されており、
前記突出部の径 $\phi D(\text{mm})$ が 0.4mm 以上、 2.3mm 以下であり、

前記突出部の長さh(mm)が前記点火エネルギーE(mJ)との間に、

$$0.3(\text{mm}) \leq h \leq 0.016E^2 - 0.56E + 5.2(\text{mm})$$

$$(8.5(\text{mJ}) \leq E \leq 17(\text{mJ}))$$

の関係があることを特徴とする点火装置。

【請求項24】 前記中心電極の前記一端部および前記接地電極の前記突出部がともに断面積 4.2mm^2 以下で点火エネルギー密度が 32W 未満であることを特徴とする請求項23に記載の点火装置。

【請求項25】 前記中心電極の前記一端部の径 $D1$ 、前記接地電極の前記突出部の径 $D2$ が共に、 $\phi 2.3\text{mm}$ 以下であり、前記点火エネルギーE(mJ)との間に $1.5D2^2 + 0.1D2 + 8(\text{mJ}) \leq E < 0.34D1^2 + 0.2D1 + 16.4(\text{mJ})$ の関係があることを特徴とする請求項23に記載の点火装置。

【請求項26】 前記中心電極の前記一端部の径 $D1$ 、前記接地電極の前記突出部径 $D2$ が共に、 $\phi 2.3\text{mm}$ 以下であり、点火エネルギー密度Q(W)との間に $3D2^2 + 0.2D2^2 + 16(W) \leq Q < 0.68D1^2 + 0.4D1 + 32.8(W)$

の関係があることを特徴とする請求項23に記載の点火装置。

【請求項27】 前記中心電極の前記一端部の径 $D1$ 、前記接地電極の前記突出部径 $D2$ が共に、 $\phi 2.3\text{mm}$ 以下であり、前記一端部と前記突出部との間に形成される放電ギャップを 0.7mm 以下にしたことを特徴とする請求項24に記載の点火装置。

【請求項28】 前記取付金具(11)の外周面には、前記内燃機関とネジ結合するためのネジ部(12)が形成されており、このネジ部のネジ径を $M12$ 以下であることを特徴とする請求項25に記載の点火装置。

【請求項29】 接地電極の前記突出長さ(L)が 1.5mm 以下であることを特徴とする請求項28に記載の点火装置。

【請求項30】 前記突出長さが 0.8mm 以下である

ことを特徴とする請求項23に記載の点火装置。

【請求項31】 前記中心電極(30)の一端部(31)および前記接地電極(40)の突出部(41)はともに断面積が 1 mm^2 以下であることを特徴とする請求項27から30のいずれか1つに記載の点火装置。

【請求項32】 請求項27または28に記載の点火プラグ(S1)と、前記中心電極と前記接地電極との間に電圧を印加するための点火コイルを有する点火電源(60)とを備え、前記点火コイルの直径が $\phi 2.2\text{ mm}$ 以下であることを特徴とする点火装置。

【請求項33】 内燃機関に取り付け可能な取り付け金具(10)と、この取り付け金具内に絶縁保持され、一端部(31)が円柱状をなすとともに当該一端部が前記取り付け金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)と、一端側が前記取付金具の一端側に接合され、他端側の一面(43)が前記中心電極の一端側に対向するように延びる接地電極(40)と、を有する点火プラグと、前記中心電極および前記接地電極の間に電圧を印加するための点火電源(60)とを備える点火装置において、前記接地電極における前記中心電極に対向する一面には、前記中心電極の一端部に対向するように前記中心電極へ延びる円柱状の突出部(41)が形成されており、前記中心電極の一端部と前記接地電極の前記突出部は、ともに直径が 2.3 mm 以下であり、前記点火電源によって、放電時に前記中心電極に正の電荷が印加されるようになっていないことを特徴とする点火装置。

【請求項34】 前記中心電極(30)の一端部(31)および前記接地電極(40)の前記突出部(41)は、ともに断面積が 1 mm^2 以下であることを特徴とする請求項23、24、および33のいずれか1つに記載の点火装置。

【請求項35】 前記接地電極における前記突出部はPtを主成分元素としIr、Ni、Rh、W、Pd、Ru、Osの少なくとも1つが添加された合金であることを特徴とする請求項23から34のいずれか1つに記載の点火装置。

【請求項36】 前記接地電極における前記突出部はPtを主成分元素としIrが0以上50wt%以下、Niが0以上40wt%以下、Rhが0以上50wt%以下、Wが0以上30wt%以下、Pdが0以上40wt%以下、Ruが0以上30wt%以下、Osが0以上20wt%以下の少なくとも1つが添加された合金であることを特徴とする請求項23から34のいずれか1つに記載の点火装置。

【請求項37】 前記接地電極における前記突出部はIrを主成分元素としRh、Pt、Ni、W、Pd、Ru、Osの少なくとも1つが添加された合金であることを特徴とする請求項23から34のいずれか1つに記載

の点火装置。

【請求項38】 前記接地電極における前記突出部はIrを主成分元素としRhが0以上50wt%以下、Ptが0以上50wt%以下、Niが0以上40wt%以下、Wが0以上30wt%以下、Pdが0以上40wt%以下、Ruが0以上30wt%以下、Osが0以上20wt%以下の少なくとも1つが添加された合金であることを特徴とする請求項23から34のいずれか1つに記載の点火装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、内燃機関に用いられる点火プラグおよび点火プラグを用いた点火装置に関する。

【0002】

【従来の技術】従来の一般的な点火プラグを図11に示す。この点火プラグは、内燃機関に取付可能な取付金具10と、取付金具10内に絶縁碍子20を介して絶縁保持され、円柱状をなす一端部31が取付金具10の一端部11から露出して延びる中心電極30と、一端側が取付金具10の一端部11に接合され、他端側の一面43が中心電極30の一端部31に対向するように延びる角柱状の接地電極40とを備える。

【0003】このような点火プラグでは、点火装置における点火電源の点火コイルに発生する高電圧を、中心電極30の一端部31と接地電極40の一面43との間(放電ギャップ)に印加し、両電極間にて点火(火花放電)を行うことにより混合気を着火させている。

【0004】

【発明が解決しようとする課題】ところで、このような点火プラグにおいて点火エネルギーとして必要な投入量は、混合気を着火させるのに必要な燃焼エネルギーと、点火プラグの電極で冷却される冷却エネルギーとの和であることが知られている。

【0005】ここにおいて、点火エネルギーにおける燃焼エネルギーと冷却エネルギーとの割合は不明ではあるが、点火プラグにおいて中心電極及び接地電極の両電極を小型化すれば、電極の熱引き性の向上等により冷却エネルギーが低くなり、結果的に、点火エネルギーの必要量を低減し、点火装置において省電力化を図ることができる。

【0006】しかしながら、電極の体格と点火エネルギーの必要量との関係については、従来より解明されておらず、電極の小型化に伴う点火エネルギーの設計をどのように行えば良いかについては不明であった。

【0007】また、点火プラグの着火性を向上するために図11で示される一般的な点火プラグとは別に特開昭52-362237号公報に記載される高圧電極、接地電極とともに細電極とし、それらとともにそれぞれの支持部材から突出させたものが知られている。しかしなが

らこのような両突出電極を有する点火プラグを実際に製造して磨耗試験に供すると、これらの電極は予想以上に磨耗することが発明者らの実験により判明した。特開昭52-362237号公報にはこのような点火プラグについて磨耗を低減できるようにするにはどうすればいいかについては何ら記載がない。

【0008】そこで、本発明は上記問題に鑑み、点火エネルギーを低くするように点火プラグの電極形状を適切に規定することで、点火装置の省電力化を図ることを目的とする。さらに本発明は両突出電極を有する点火プラグにおいて、着火性を確保しつつ、磨耗を低減できる点火プラグを得ることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者等の検討によれば、現状の点火プラグにおいては、最大で17mJのエネルギー投入が必要であることがわかった。そこで、この値を指標とし、冷却エネルギーを低減すべく、中心電極およびこの中心電極に対向する接地電極の部位を細径化していき、そのときの点火エネルギーの必要量を調べた。請求項1以下の発明は、そのような検討結果に基づいてなされたものである。

【0010】すなわち、請求項1に記載の発明では、内燃機関に取付可能な取付金具(10)と、この取付金具内に絶縁保持され一端部(31)が円柱状をなすとともに当該一端部が取付金具の一端部(11)から露出して延びる中心電極(30)と、一端側が取付金具の一端部に接合され他端側の一面(43)が中心電極の一端部に対向するように延びる接地電極(40)とを備える点火プラグにおいて、接地電極における中心電極に対向する一面に、中心電極の一端部に対向するように中心電極側へ延びる円柱状の突出部(41)を形成し、中心電極の一端部と接地電極の突出部との対向間隔を放電ギャップ(50)として形成し、中心電極の一端部および接地電極の突出部を共に直径2.3mm以下のものとし、点火エネルギーを17mJ未満としたことを特徴としている。

【0011】上記検討結果によれば、放電ギャップを隔てて対向する中心電極の一端部と接地電極の突出部とを、共に直径2.3mm以下の細径化した円柱形状とすれば、必要な点火エネルギーは、最大でも従来の点火プラグに必要な17mJよりも小さくできることがわかった。

【0012】従って、本発明によれば、点火エネルギーを低くするように点火プラグの電極形状を適切に規定することにより、省電力化を図ることの可能な点火装置を提供することができる。

【0013】また、請求項2に記載の発明においては、放電ギャップ(50)を隔てて対向する中心電極(30)の一端部(31)及び接地電極(40)の突出部(41)を、共に直径2.3mm以下の細径化した円柱

形状とすることにより、点火エネルギー密度を32W未満としたことを特徴としている。

【0014】本発明も、上記検討結果から導き出されたものであり、点火エネルギーを低くするように点火プラグの電極形状を適切に規定することにより、省電力化を図ることの可能な点火装置を提供することができる。

【0015】また、点火プラグの放電ギャップは、点火プラグの電極が小型になるほど火炎核の成長が阻害されにくくなるため、狭い間隔で着火性が飽和するはずであるが、電極の体格と必要な放電ギャップとの関係についても、従来では解明されておらず、どの程度の放電ギャップとすればよいのか不明であった。放電ギャップの距離によって要求電圧が決定されるため、必要以上のギャップ距離にすると、高い電圧が必要となってしまう、点火装置の省電力化の点から好ましくない。

【0016】そこで、放電ギャップを隔てて対向する中心電極の一端部と接地電極の突出部とを共に直径2.3mm以下まで細径化した点火プラグにおいて、検討を進め、着火性を安定して確保可能な放電ギャップの距離について調べた。その結果、このような細径化された両電極形状により、放電ギャップを0.6mm以下としても、良好な着火性を安定して確保できることがわかった。

【0017】請求項3に記載の発明は、その検討結果および放電ギャップの製造上の公差(ギャップ幅で0.1mm程度)を考慮して創出されたものであり、放電ギャップ(50)を隔てて対向する中心電極(30)の一端部(31)と接地電極(40)の突出部(41)とを、共に直径2.3mm以下の細径化した円柱形状とするとともに、放電ギャップを0.7mm以下としたことを特徴としている。

【0018】それによれば、請求項1の発明と同様の効果を有すると共に、放電ギャップを0.7mm以下と狭くしても、安定した着火性を確保でき、要求電圧を低減した点火プラグを提供することができる。

【0019】また、放電ギャップを0.7mm以下と狭くすることにより、要求電圧が低減するため、点火プラグの耐電圧を下げることができ、点火プラグの小型化が可能となる。

【0020】そのため、外周面に内燃機関とネジ結合するためのネジ部(12)が形成されている取付金具(10)においては、ネジ部のネジ径の小型化が可能となる。本発明者等の検討によれば、請求項4に記載の発明のように、ネジ部(12)のネジ径をM12以下にまで小型化しても、点火プラグの耐電圧を十分に確保することができる。

【0021】また、上述したように、点火プラグにおいて、中心電極の一端部と接地電極の突出部とを共に直径2.3mm以下に細径化することによって点火エネルギーの低減が可能であるが、接地電極の突出部(細径部)

の長さ(突出長さ)によっては、それらの効果が適切に発揮されない可能性がある。

【0022】つまり、接地電極の突出部の長さが短すぎると、火炎核の成長が阻害されて細径化の効果が十分されなかったり、長すぎると熱引き性が悪くなり接地電極の突出部の耐熱性が悪化する恐れがある。そこで、接地電極の突出部の突出長さが必要な点火エネルギーとの関係について、調べた結果、請求項5に記載の発明を創出するに至った。

【0023】すなわち、請求項5に記載の発明においては、放電ギャップ(50)を隔てて対向する中心電極(30)の一端部(31)と接地電極(40)の突出部(41)とを、共に直径2.3mm以下の細径化した円柱形状とするとともに、接地電極における突出部の突出長さ(L)を、0.3mm以上としたことを特徴としている。

【0024】接地電極における突出部の突出長さを0.3mm以上とすることにより、火炎核の成長の阻害を確実に防止でき、請求項1の発明の効果を安定して実現できるとともに、着火性を向上させた点火プラグを提供することができる。

【0025】また、請求項6に記載の発明のように、突出長さ(L)を1.5mm以下とすれば、熱引き性の悪化を抑制し接地電極の突出部の耐熱性を確保することができ、好ましい。

【0026】ここで、上記請求項3～請求項6に記載の点火プラグにおいては、請求項7に記載の発明のように、中心電極(30)の一端部(31)および接地電極(40)の突出部(41)を、ともに直径が1.1mm以下であるものとし、更なる細径化を図れば、必要な点火エネルギーを、従来の点火プラグよりも大幅に小さくすることができ、好ましい。

【0027】また、請求項8に記載の発明では、請求項3ないし7のいずれか1つに記載の点火プラグ(S1)と、この点火プラグにおける中心電極(30)と接地電極(40)との間に電圧を印加するための点火電源(60)とを備えることを特徴としており、点火エネルギーを低くするように点火プラグの電極形状を適切に規定することにより省電力化が図られた点火装置を提供することができる。

【0028】また、請求項9に記載の発明では、請求項3または4に記載の点火プラグ(S1)と、この点火プラグにおける中心電極(30)と接地電極(40)との間に電圧を印加するための点火コイルを有する点火電源(60)とを備え、点火コイルの直径がφ22mm以下であることを特徴としている。

【0029】上記請求項3の発明の効果にて述べたように、放電ギャップを0.7mm以下まで狭くした点火プラグにおいては、要求電圧を低減でき、点火コイルの直径を小型化することができるが、その場合、具体的に

は、点火コイルの直径をφ22mm以下まで小型化することができる。

【0030】また、請求項10に記載の発明では、点火装置の点火プラグにおいて、放電ギャップ(50)を隔てて対向する中心電極(30)の一端部(31)と接地電極(40)の突出部(41)とを、共に直径2.3mm以下の細径化した円柱形状とし、接地電極における突出部を白金合金またはイリジウム合金よりなるものとし、かつ、点火電源によって、放電時に中心電極に正の電圧が印加されるようになっていることを特徴としている。

【0031】直流放電でも中心電極に正の電圧が印加されたり、交流放電させる点火プラグにおいては、接地電極が消耗しやすい。そこで、本発明のように、細径化された両電極のうち接地電極における突出部を白金合金またはイリジウム合金よりなるものとすれば、省電力化が図られた点火装置を提供できるとともに、接地電極の突出部の消耗を抑制することができる。

【0032】ここで、上記請求項7の発明と同様の理由から、請求項1、請求項2、および請求項10に記載の点火装置においても、請求項11に記載の発明のように、中心電極(30)の一端部(31)および接地電極(40)の突出部(41)を、ともに直径が1.1mm以下であるものとするのが好ましい。

【0033】ところで、上述したように、点火プラグにおいて、円柱状をなす中心電極の一端部と接地電極の突出部とを、共に直径2.3mm以下に細径化することによって点火エネルギーの低減が可能であるが、これら中心電極の一端部と接地電極の突出部は、円柱状でなくとも、角柱、段付柱状等、任意の柱状でも良い。

【0034】その場合、これら柱状をなす中心電極の一端部と接地電極の突出部を、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積4.2mm²以下であるものにすれば、円柱状のものにおいて直径2.3mm以下に細径化した場合と同様の効果を得ることができる。

【0035】請求項12～請求項22に記載の発明は、そのような考えに基づいて創出されたものである。すなわち、請求項12の発明は上記請求項1の発明に対応し、請求項13の発明は上記請求項2の発明に対応し、請求項14の発明は上記請求項3の発明に対応し、請求項15の発明は上記請求項4の発明に対応し、請求項16の発明は上記請求項5の発明に対応し、請求項17の発明は上記請求項6の発明に対応し、請求項18の発明は上記請求項7の発明に対応し、請求項19の発明は上記請求項8の発明に対応し、請求項20の発明は上記請求項9の発明に対応し、請求項21の発明は上記請求項10の発明に対応し、請求項22の発明は上記請求項11の発明に対応するものである。

【0036】そして、請求項12～請求項22に記載の発明は、それぞれ対応する発明において、中心電極の一

端部と接地電極の突出部を、ともに軸に直交する方向の全ての断面が断面積 4.2mm^2 以下である柱状としたものであり、その効果は、それぞれ対応する発明と同様である。特に、請求項18、請求項22の発明では、上記断面積を 1mm^2 以下とすることで、円柱状のものにおいて直径が 1.1mm 以下である場合と同様の効果を発揮できる。

【0037】請求項23に記載の発明によれば、接地電極径 ΦD が 0.4mm 以上 2.3mm 以下であり、接地電極突出し長さ $h(\text{mm})$ が点火エネルギー $E(\text{mJ})$ との間に下記式の関係がある。

$$【0038】3(\text{mm}) \leq h \leq 0.016E^2 - 0.56E + 5.2(\text{mm})$$

$$(8.5(\text{mJ}) \leq E \leq 17(\text{mJ}))$$

$8.5(\text{mJ}) \leq E$ のため着火性が確保でき、また $E \leq 17(\text{mJ})$ のため、従来の一般的な点火プラグ以下の点火エネルギーとすることができて点火エネルギーを節約することができる。

【0039】さらに、 $0.3(\text{mm}) \leq h$ のため、火炎核の成長が電極の基部で阻害されることなく、着火性が確保でき、しかも、 $h \leq 0.016E^2 - 0.56E + 5.2(\text{mm})$ という接地電極突出し長さにしていてので接地電極の先端が適度に冷却され消耗を低減することができる。したがって着火性を確保しつつ、従来にない低い点火エネルギーにできるとともに、そのような点火エネルギーが接地電極の冷却性を阻害せず、磨耗を低減できる点火プラグを得ることができる。

【0040】請求項24に記載の発明によれば、中心電極の一端部および接地電極の突出部がともに断面積 4.2mm^2 以下で点火エネルギー密度が 32W 未満である。よって省電力化を図ることができる。

【0041】請求項25に記載の発明によれば、中心電極の突出部径 $D1$ 、接地電極の突出部径 $D2$ が共に、 $\Phi 2.3\text{mm}$ 以下であり、点火エネルギー $E(\text{mJ})$ との間に以下式の関係がある。

$$【0042】1.5D2^2 + 0.1D2 + 8(\text{mJ}) \leq E < 0.34D1^2 + 0.2D1 + 16.4(\text{mJ})$$

よって、両突出電極を有する点火プラグとして着火性を確保しつつ、従来にない省電力ができる。

【0043】請求項26に記載の発明によれば、中心電極の突出部径 $D1$ 、接地電極の突出部径 $D2$ が共に、 $\Phi 2.3\text{mm}$ 以下であり、点火エネルギー密度 $Q(\text{W})$ との間に以下式の関係がある。

$$【0044】3D2^2 + 0.2D2 + 16(\text{W}) \leq Q < 0.68D1^2 + 0.4D1 + 32.8(\text{W})$$

よって、両突出電極を有する点火プラグとして着火性を確保しつつ、従来にない省電力ができる。

【0045】請求項27に記載の発明によれば、放電ギャップを 0.7mm と狭くしても安定した着火性を確保でき、要求電圧を低減した点火プラグを提供することが

できる。

【0046】また、放電ギャップを狭くすることにより要求電圧が低減するため、点火プラグの耐電圧を下げることができ、点火プラグの小型化が可能になる。

【0047】請求項28に記載の発明によれば、ネジ部のネジ径を $M12$ 以下にまで小型化しても、点火プラグの耐電圧を十分に確保することができる。

【0048】請求項29に記載の発明によれば、接地電極の突出部の突出長さを 1.5mm 以下にすることにより熱引き性の悪化を抑制でき突出部の耐熱性を確保できて磨耗性を向上できる。

【0049】請求項30に記載の発明によれば、接地電極の突出部の突出長さを 0.8mm 以下にすることにより熱引き性の悪化をより好ましい程度に抑制できより磨耗性を向上できる。

【0050】請求項31に記載の発明のように、中心電極の一端部および接地電極の突出部をともに断面積 1mm^2 以下としてさらなる細径化を図れば、必要な点火エネルギーを従来の点火プラグよりも大幅に小さくすることができ、好ましい。

【0051】請求項32に記載の発明によると、中心電極と接地電極との間に電圧を印加するための点火コイルを有する点火電源とを備え点火コイルの直径が $\Phi 2.2\text{mm}$ 以下であるので、点火コイルへの要求電圧を低減でき、小径の点火コイルであっても内部の耐電圧を小さくして容易に製造することができる。

【0052】請求項33に記載の発明によると、直流放電で中心電極に正電圧が印加されたり、交流放電させる点火プラグにおいても、直流放電で中心電極に負電圧が印加される放電と同じ要求電圧で放電でき、消耗を抑制することができる。

【0053】請求項34に記載の発明のように、中心電極の一端部および接地電極の突出部をともに断面積 1mm^2 以下としてさらなる細径化を図れば、必要な点火エネルギーを従来の点火プラグよりも大幅に小さくすることができ、好ましい。

【0054】請求項35に記載の発明のように、接地電極における突出部は Pt を主成分元素とし Ir 、 Ni 、 Rh 、 W 、 Pd 、 Ru 、 Os の少なくとも1つが添加された合金であると磨耗が低減するので望ましい。

【0055】請求項36に記載の発明のように、接地電極における突出部は Pt を主成分元素とし Ir が 0 以上 $50\text{wt}\%$ 以下、 Ni が 0 以上 $40\text{wt}\%$ 以下、 Rh が 0 以上 $50\text{wt}\%$ 以下、 W が 0 以上 $30\text{wt}\%$ 以下、 Pd が 0 以上 $40\text{wt}\%$ 以下、 Ru が 0 以上 $30\text{wt}\%$ 以下、 Os が 0 以上 $20\text{wt}\%$ 以下の少なくとも1つが添加されると磨耗が低減するので望ましい。

【0056】請求項37に記載の発明のように、接地電極における突出部は Ir を主成分元素とし Rh 、 Pt 、 Ni 、 W 、 Pd 、 Ru 、 Os の少なくとも1つが添加さ

れた合金であると磨耗が低減するので望ましい。

【0057】請求項38に記載の発明のように、接地電極における突出部はIrを主成分元素としRhが0以上50wt%以下、Ptが0以上50wt%以下、Niが0以上40wt%以下、Wが0以上30wt%以下、Pdが0以上40wt%以下、Ruが0以上30wt%以下、Osが0以上20wt%以下の少なくとも1つが添加されると磨耗が低減するので望ましい。

【0058】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0059】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。図1は、本発明の実施形態に係る点火プラグS1の要部構成を示す図である。図1において、10は内燃機関としての自動車エンジン（図示せず）に取付可能な取付金具であり、本例では、炭素鋼を用いて冷間鍛造や切削加工等を行うことにより筒状に形成されている。

【0060】図1には、取付金具10の一端部側が示されており、取付金具10の外周面には、上記エンジンに形成された取付穴にネジ結合するための取付ネジ部12が形成されている。この取付ネジ部12のネジ径は、M12以下とすることができる。

【0061】取付金具10の内部には、アルミナ等の電気絶縁材料よりなるよりなる絶縁体（絶縁碍子）20を介して中心電極30が収納されており、この中心電極30は、取付金具10に対して電氣的に絶縁されて保持されている。本例では、中心電極30はプラグの軸方向（取付金具10の軸方向）に延びる棒状をなし、その一端部31は取付金具10の一端部11から突出し露出している。

【0062】中心電極30の一端部31は、ニッケル合金等よりなる基部32に溶接固定された白金合金やイリジウム合金よりなるチップより構成されている。本例では、基部32は、中心電極30の一端部31に向かってテーパ状に細くなっており、中心電極30の一端部31は、基部32からプラグの軸方向に延びる円柱状をなし、

【0063】また、取付金具10の一端部11には、接地電極40が固定されている。接地電極40は、一端側が取付金具10の一端部11に接合され他端側の一面43が中心電極30の一端部31に対向するように延びる基部42と、基部42における中心電極30に対向する一面43から中心電極30の一端部31に対向するように中心電極31側へ延びる円柱状の突出部41とより構成されている。

【0064】本例では、接地電極40の基部42は角柱状をなし、一端部から途中部までが中心電極30の軸方向（プラグの軸方向）に延びるとともに他端部が中心電

極30の一端部31に覆いかぶさるように途中部から折れ曲がっている。また、中心電極30の一端部31と接地電極40の突出部41とは、同軸上にある。

【0065】また、本実施形態では、接地電極40において、基部42はニッケル合金等よりなり、突出部41は、基部42に溶接固定された白金合金やイリジウム合金からなるチップより構成されている。そして、共に円柱状をなす中心電極30の一端部31の先端面と接地電極40の突出部41の先端面との対向間隔が放電ギャップ50として形成されている。

【0066】また、本実施形態における点火装置を図2に示す。この点火装置は、上記点火プラグS1と、点火プラグS1における中心電極30と接地電極40との間に電圧を印加するための点火電源60とを備える。点火電源60は、高電圧を発生するためのスティックタイプの点火コイル（図示せず）を有するものであり、本例では、中心電極30側に負（－）の電圧を印加するようになっている。

【0067】ここで、本実施形態においては、各部の寸法において、以下に述べるような特徴を持たせている。即ち、中心電極30の一端部31の直径D1および接地電極40の突出部41の直径D2は、ともに2.3mm以下（好ましくは1.1mm以下）であり、放電ギャップ50は、好ましくは0.7mm以下としており、接地電極40の突出部41の突出長さLは、0.3mm以上としている。また、上記点火コイルの直径は、φ22mm以下としている。

【0068】これら規定された寸法の根拠は、本発明者等の実験検討結果に基づくものである。次に、その根拠について、限定するものではないが、その検討結果の一例を図3～図8に示しながら述べる。まず、図3は、電極径と必要な投入される点火エネルギー（必要投入エネルギー）との関係を調べた結果を示す図である。

【0069】図3において、比較例は上記図11に示す従来の一般的な点火プラグ（接地電極40の放電部の幅1.6mm、厚さ2.8mm）であり、実施形態（図1のもの）は中心電極30の一端部31と接地電極40の突出部41（突出長さLは0.5mm）とで直径を等しくしたもの（D1=D2）であり、比較例、実施形態共に、中心電極30の一端部31の直径D1を変えたサンプルを作製した。

【0070】そして、各サンプルについてエンジンに取り付け、点火時のエンジンの圧力：0.5MPa、A/F（空気と燃料との混合比）：22、投入する空気の酸素濃度：18%、点火時の混合気の流速：5m/s、という実用上最も必要投入エネルギーが多くなる運転条件にて、上記必要投入エネルギー及び必要な投入される点火エネルギー密度を求めた。

【0071】必要な投入される点火エネルギー密度（必要投入エネルギー密度）は、点火プラグで放電している

電流と電圧との積で求められ、必要投入エネルギーは、必要投入エネルギー密度と上記運転条件にて必要な放電時間0.5msとの積として求められる。

【0072】図3には、横軸に中心電極30の一端部31の直径D1（中心電極径、単位：mm）、左側の縦軸に必要投入エネルギー（単位：mJ）、右側の縦軸に必要投入エネルギー密度（単位：W）を示している。

【0073】従来を示す比較例（黒三角プロット）の点火プラグでは、中心電極30の一端部31の直径D1を可能な限り細くしても、必要投入エネルギーとしては最大で17mJ、必要投入エネルギー密度としては最大で32W、必要であることがわかる。

【0074】それに対して、本実施形態（黒丸プロット）では、中心電極30の一端部31及び接地電極40の突出部41を、ともに直径2.3mm以下とすれば、電極の冷却エネルギーを低減できるため、必要投入エネルギーは最大でも17mJ未満にすることができ、必要投入エネルギー密度は最大でも32W未満にできることがわかる。

【0075】比較例の曲線は比較例の中心電極突出部径D1に対して

必要投入エネルギーE1が $E1 = 0.34D1^2 + 0.2D1 + 16.4$ (mJ) であり、

必要投入エネルギー密度Q1では $Q1 = 0.68D1^2 + 0.4D1 + 32.8$ (W) である。

【0076】また、実施形態の曲線は中心電極突出部径＝接地電極突出部＝D2に対して

必要投入エネルギーE2が $E2 = 1.5D2^2 + 0.1D2 + 8$ (mJ) であり、

投入エネルギー密度Q2は $Q2 = 3D2^2 + 0.2D2 + 16$ (W) である。

【0077】請求項25、26は中心電極突出部径（＝接地電極突出部径）に対する必要投入エネルギーをこれらの曲線の間の範囲に設定することを特許請求の範囲としたものである。比較例の投入すべき点火エネルギーより小さい点火エネルギーで着火性が満足できる点火プラグを得ることができる。

【0078】よって、本実施形態によれば、点火プラグS1の両電極30、40の放電部31、41の直径D1、D2を共に2.3mm以下に規定することにより、点火エネルギー（点火エネルギー密度）を、従来の点火プラグに必要な17mJ（32W）よりも低くすることができ、点火装置の省電力化を図ることができる。

【0079】なお、図3からわかるように、上記直径D1、D2を共に1.1mm以下に規定し、更なる細径化を図れば、必要な点火エネルギー（点火エネルギー密度）を、従来の点火プラグよりも大幅に小さくすることができる。

【0080】次に、図4は、放電ギャップ（プラグギャップ）と着火性との関係について検討した結果を示す図

である。このとき、着火性の指標としてはリーン限界を用いた。リーン限界とは、失火せずに燃焼が成立するような燃焼変動率PmiCOV（平均有効圧の分散／平均値）を満足するための最も燃料が薄いA/Fのことである。着火性の悪化は、このリーン限界の低下につながる。

【0081】図4において、比較例は上記図11に示す従来の一般的な点火プラグ（接地電極40の放電部の幅1.6mm、厚さ2.8mm）であり、中心電極30の一端部31の直径D1を、0.4mm、1.1mm、2.5mmと変えたものについて、それぞれ、放電ギャップを変えたサンプルを作製した。また、実施形態（図1のもの）は、中心電極30の一端部31及び接地電極40の突出部41（突出長さLは0.5mm）の各直径D1、D2を共に0.4mmとしたものについて、放電ギャップを変えたサンプルを作製した。

【0082】そして、各サンプルについて、4気筒、1800ccのエンジンに取り付け、燃焼条件（着火条件）の厳しいアイドリング状態（800rpm、水温50℃）のエンジン条件にて、燃焼変動率PmiCOVが15%を満足するようなリーン限界を求めた。

【0083】図4には、横軸に放電ギャップ（プラグギャップ、単位：mm）、縦軸にリーン限界（A/F）を示している。従来を示す比較例（黒丸プロット）の点火プラグでは、中心電極30の一端部31の直径D1を細くしていても、1.1mm以下では、着火性向上の効果は、放電ギャップ0.8mm以上で差がない。

【0084】また、従来のものでは、中心電極30の一端部31の細径化の程度に関わらず、放電ギャップを0.8mmよりも小さくしていくと、着火性が低下する。これは、接地電極40の消炎作用（火炎核成長の阻害作用）の影響が大きいためである。

【0085】それに対して、本実施形態（黒三角プロット）では、放電ギャップが0.6mm以上にて、従来よりも大幅に着火性を向上させることができている。また、必要投入エネルギーも、従来の（40W×0.4ms）から（20W×0.4ms）と小さくなっている。

【0086】これは、中心電極30の一端部31及び接地電極40の突出部41を、ともに細径化することにより、従来よりも、電極の冷却エネルギーを大幅に低減できると共に、接地電極側の消炎作用が大幅に低減され燃焼期間が短縮されたためである。

【0087】なお、図4に示す例は、中心電極30の一端部31及び接地電極40の突出部41の各直径D1、D2を共に0.4mmとした例であるが、各直径D1、D2が2.3mm以下の範囲であれば、多少のばらつきはあるものの、図4と同様の傾向を得ることができる。

【0088】また、図4に示す結果と合わせて、通常の放電ギャップの製造上の公差（ギャップ幅で0.1mm程度）を考慮すると、本実施形態においては、放電ギャ

ップを0.7mm以下(好ましくは0.6mm以上)と狭くしても、安定した着火性を確保でき、要求電圧を低減した点火プラグを実現することができる。

【0089】また、放電ギャップを0.7mm以下と狭くすることにより、要求電圧が低減するため、点火プラグの耐電圧を下げることができ、点火プラグの小型化が可能となる。そのため、外周面にエンジンとネジ結合するためのネジ部12が形成されている取付金具10においては、ネジ部12のネジ径の小型化が可能となる。

【0090】ここで、図5に、本発明者等の検討による放電ギャップ(プラグギャップ)(mm)と要求電圧(kV)との関係を示す。図6に、本発明者等の検討によるネジ部12のネジ径と点火プラグの耐電圧(kV)との関係を示す。

【0091】従来の一般的な点火プラグにおいては、要求電圧(耐電圧)は32kV程度であり、上記ネジ径はM14であったが、本実施形態では、放電ギャップ50の狭小化(0.7mm)により、要求電圧は26kV程度まで低減できるため、ネジ部12のネジ径をM12以下にまで小型化しても、点火プラグの耐電圧を十分に確保することができる。

【0092】また、放電ギャップ50を0.7mm以下まで狭くすることで、要求電圧即ちコイル発生電圧を低減できるため、点火装置の点火電源50における点火コイルの直径を小型化することができる。図7に、本発明者等の検討による点火コイル直径(mm)とコイル発生電圧(kV)との関係を示す。これから、点火コイルの直径をφ22mm以下(好ましくはφ20以上)まで小型化することができる。

【0093】次に、図8は、本実施形態の点火プラグS1について、接地電極40の突出部41の突出部長さ(接地電極突出部長さ)Lと必要投入エネルギーとの関係を調べた結果を示す図である。図8において、中心電極30の一端部31と接地電極40の突出部41の各直径D1、D2を共に0.4mmとし、放電ギャップ50を0.6mm、1.1mmと変えたものについて、接地電極突出部長さLを変えたサンプルを作製した。

【0094】そして、各サンプルについてエンジンに取り付け、点火時のエンジンの圧力:0.5MPa、A/F:22、投入する空気の酸素濃度:18%、点火時の混合気の流速:1m/s、という運転条件にて、上記の必要投入エネルギーを求めた。

【0095】図8には、横軸に接地電極突出部長さL(単位:mm)、縦軸に必要投入エネルギー(単位:mJ)を示している。なお、接地電極突出部長さLが0のものは、従来の点火プラグに相当するものである。これから、放電ギャップ50の大きさに関係なく、接地電極突出部長さLが0.3mm以上であれば、従来に比べて、投入される点火エネルギーを大幅に低減できることがわかる。

【0096】これは、火炎核の成長が阻害されないように、火炎核から接地電極40の基部42を遠ざけることができるためである。そして、接地電極突出部長さLを0.3mm以上とすることにより、冷却エネルギーを低減でき、上述した電極放電部細径化による点火エネルギー低減効果を安定して実現できるとともに、着火性を向上させることができる。

【0097】なお、接地電極突出部長さLが長すぎると、接地電極40の突出部41の熱引き性が悪化し、当該突出部41の耐熱性を確保することが難しくなる可能性がある。そこで、当該突出部41の耐熱性を確保するためには、接地電極突出部長さLを1.5mm以下に抑えることが好ましい。ここでこのような両電極が突出部を備える点火プラグの磨耗性について発明者が行った検討結果を図12および図13に示す。

【0098】図12は横軸に接地電極の突出部長さ、縦軸に消耗比をとりその関係を表したグラフである。

【0099】ここで消耗比とは従来の図11に示す一般の中心電極のみ突出部を有する点火プラグの消耗量に比較し、本実施形態の点火プラグの消耗量を表した数値である。具体的には従来点火プラグ、本実施形態の点火プラグともに、突出部の径は0.4mmのものを使用した。

【0100】また、従来点火プラグの中心電極突出部ならびに本実施形態の点火プラグの中心電極突出部、接地電極突出部はすべて同じ材質(イリジウムに10%ロジウム添加)のものを使用して比較した。また、消耗量はギャップ長さを測定して算出している。

【0101】試験は2000ccエンジンでスロットル全開のエンジン回転数5600rpm(一定)を200時間運転し、この試験での消耗量を本実施形態の点火プラグならびに従来点火プラグでそれぞれ測定した。消耗比は本実施形態の点火プラグの消耗量を、従来点火プラグの消耗量で割って算出したものであり、小さいほど本実施形態の消耗が少なくすなわち寿命が向上することを表している。

【0102】この図において黒三角印を結んだ実線は、40Wの点火エネルギー密度を0.4ms印加し続けた際の消耗比を、黒丸を結んだ実線は20Wの点火エネルギー密度を0.4ms印加し続けた際の消耗比をそれぞれ表している。黒丸を結んだ実線は突出部の長さの増加に対し、消耗比は比較的なだらかに増加するのに対し、黒三角印を結んだ実線では突出部の長さが0.5mmをこえたあたりから消耗比が急激に増加している。突出部長さが長いほど冷却されにくいため、与えた点火エネルギーにより突出部先端が高温になり消耗が大きくなる。与える点火エネルギーが小さい黒丸を結んだ実線では、消耗比のカーブは比較的なだらかであるが、与える点火エネルギーが大きい黒三角印を結んだ実線では、突出部長さが長くなるにつれて、熱引き性の悪化が大きく

なり、より突出部先端が高温になり消耗が飛躍的に大きくなってしまふ。黒丸を結んだ実線より、20Wの点火エネルギー密度を0.4ms印加する程度であれば、突出部長さを1.6mm以下であれば従来と同等の消耗比を確保できることがわかる。

【0103】この図12では、従来と同等の消耗比(消耗比1)とするために各突出部長さに対する点火エネルギーは20Wの点火エネルギー密度を0.4ms印加し続けた場合と40Wの点火エネルギー密度を0.4ms印加し続けた場合との間のどこかで得られることがわかる。

【0104】図13では点火エネルギーを横軸に、突出部長さを縦軸にし、消耗比が1である点火エネルギー、突出部長さの座標を結んだいわば等消耗比線を表したものである。

【0105】この等消耗比線は $h=0.016E^2-0.56E+5.2$ で表される。本発明の請求項23における特許請求の範囲はこの曲線と $h=0.3$ (mm)で表される横軸に平行な直線と $E=8.5$ (mJ)で表される縦軸に平行な直線とで切り取られる領域である。

【0106】この図では消耗比1の等消耗比線が1本しか示されていないが、この図の右上ほど消耗比が大きくなり、左下の原点に近づくほど消耗比は小さくなる。すなわち、突出部長さが同じであれば、点火エネルギーが小さいほど消耗比は小さくなり、また、点火エネルギーが同じであれば、突出部長さが小さいほど消耗比は小さくなる。

【0107】突出部長さについては、0.3mm以下であると前述のごとく火炎核が接地電極の基部で阻害されて着火性が悪くなり、また、1.5mm以上とすると熱引き性が悪化することにより、消耗が大きくなる。また、それを補おうとして点火エネルギーを小さくしようとすると点火エネルギーが小さすぎて着火性が悪くなる。

【0108】点火エネルギーについては、8.5mJ以下であると、着火性が悪くなり、17mJ以上であると、点火エネルギーが大きくなってしまふ。

【0109】以上が、本実施形態における特徴的な寸法規定の根拠、および、この寸法規定による作用効果である。

【0110】また、本実施形態では、上記した様な種々の効果を有する点火プラグS1と、この点火プラグS1における両電極30、40の間に電圧を印加するための点火電源60とを備える点火装置が提供されるが、この点火装置においても、上記した様な種々の効果が発揮され、省電力化が図られた点火装置を実現することができる。

【0111】ところで、上記図2に示す点火装置においては、点火プラグS1における中心電極30の一端部31と接地電極40の突出部41とを、共に直径2.3mm

m以下の細径化した円柱形状とし、且つ白金合金またはイリジウム合金等の貴金属よりなるものとしている。そして、中心電極30側が+となるように、電圧を印加する。

【0112】ここにおいて、本実施形態では、点火電源60によって、中心電極30側が+となるように、電圧を印加してもよい。この場合、交流電圧を印加する場合も勿論含まれる。そして、この場合、接地電極40の突出部41は白金(Pt)合金またはイリジウム(Ir)合金より構成することが好ましい。

【0113】中心電極30側が+となるように電圧を印加すると、放電時には、中心電極30の一端部31には電子が、接地電極40の突出部41には正イオンが衝突する。ここで、正イオンは電子に比べ質量が高いため、正イオンが衝突する接地電極40の突出部41の方が中心電極30の一端部31よりも消耗しやすくなる。しかし、接地電極40の突出部41を、耐熱、耐磨耗性に優れたPt合金またはIr合金より構成すれば、消耗を抑えることができる。

【0114】(他の実施形態)なお、図9(a)に示す様に、中心電極30の一端部31と接地電極40の突出部41とが交差する位置関係でもよい。また、図9(b)に示す様に、中心電極30の一端部31の側面に、接地電極40の突出部41の先端面が対向していても良い。

【0115】また、消耗性は多少低下する可能性があるが、中心電極30の一端部31、接地電極40の突出部41は、それぞれ、上記した貴金属以外にも、各々の基部32、42と同一の材料(Ni合金等)よりなるものでも良い。この場合、上記一端部31および突出部41の形成は、基部の一部の切削加工や、細径部の溶接等にて実現可能である。

【0116】また、上記実施形態において、中心電極30の一端部31及び接地電極40の突出部41は、ともに円柱状でなくとも、どちらか一方または両方が角柱、段付柱状等、任意の柱状でも良い。各種柱形状の例を、図10に示す。

【0117】図10において、(a)は角柱形状、(b)は段付柱状、(c)は軸と直交する方向の断面積がテーパ状に変化する柱形状、(d)は中空柱状、(e)は(d)の軸と直交する方向の断面を示す図、(f)は側面に溝が付いた溝付き柱状、(g)は(f)の軸と直交する方向の断面を示す図である。

【0118】これら図10に示す各種の柱形状において、軸に直交する方向の全ての断面の面積が4.2mm²以下である。つまり、軸に直角方向のどの断面を見ても、断面の面積が4.2mm²以下となっているものである。なお、このことは、図10(e)、(g)においては、それぞれ、中空部、溝部を除いた部分の断面積が4.2mm²以下となっていることである。

【0119】それにより、円柱状のものにおいて直径2.3mm以下に細径化した場合と同様の効果を得ることができる。また、上記断面積を 1mm^2 以下とすることで、円柱状のものにおいて直径が1.1mm以下である場合と同様の効果を発揮できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係る点火プラグの要部構成図である。

【図2】図1に示す点火プラグを用いた点火装置を模式的に示す図である。

【図3】電極径と必要投入エネルギーとの関係を示す図である。

【図4】プラグギャップとリーク限界との関係を示す図である。

【図5】プラグギャップと要求電圧との関係を示す図である。

【図6】取付金具のネジ部のネジ径と点火プラグの耐電圧との関係を示す図である。

【図7】点火コイル直径とコイル発生電圧との関係を示す図である。

【図8】接地電極突出長さと必要投入エネルギーとの関係を示す図である。

【図9】中心電極と接地電極との対向部の配置関係にお

ける変形例を示す図である。

【図10】中心電極の一端部および接地電極の突出部の各種柱形状を示す図である。

【図11】従来の一般的な点火プラグの要部構成図である。

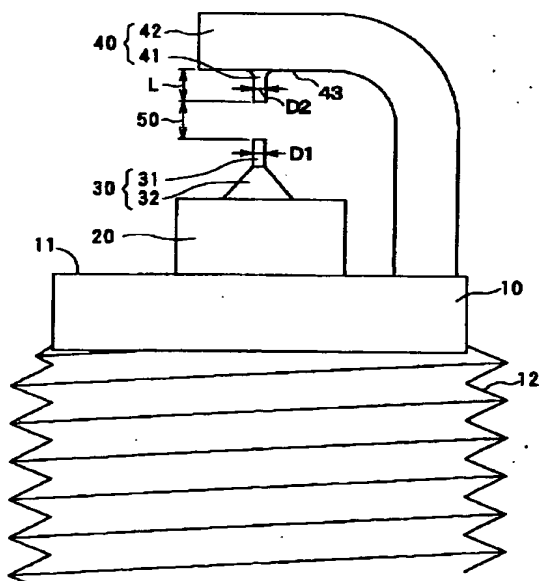
【図12】接地電極の突出部長さと消耗比との関係を表したグラフである。

【図13】点火エネルギーを横軸に、突出部長さを縦軸にし、消耗比が1である点火エネルギー、突出部長さの座標を結んだ等消耗比線を表したグラフである。

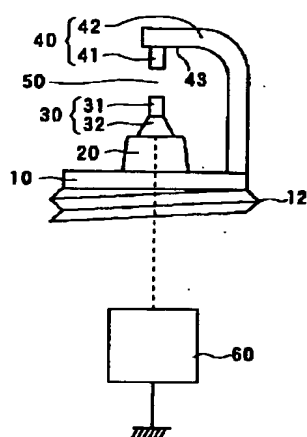
【符号の説明】

10…取付金具、
11…取付金具の一端部、
12…取付ネジ部、
30…中心電極、
31…中心電極の一端部、
40…接地電極、
41…接地電極の突出部、
43…接地電極における中心電極に対向する一面、
50…放電ギャップ（プラグギャップ）、
60…点火電源、
L…接地電極における突出部の突出長さ。

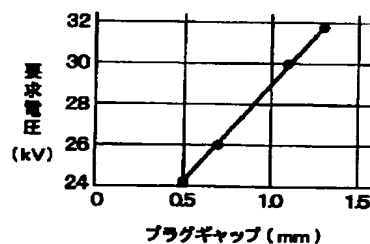
【図1】



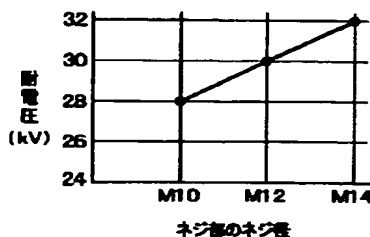
【図2】



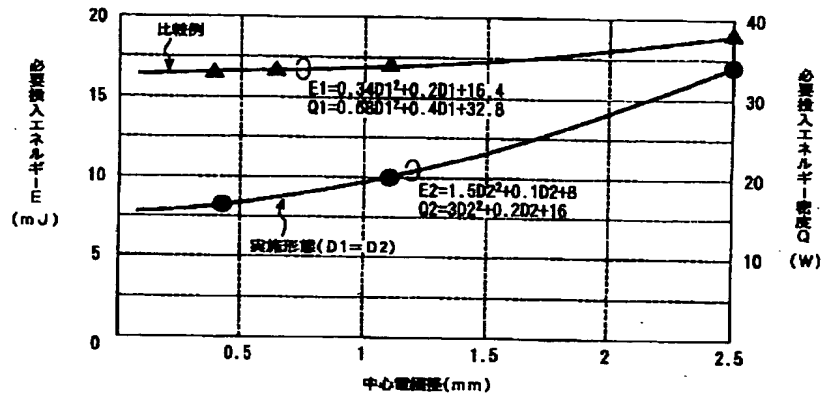
【図5】



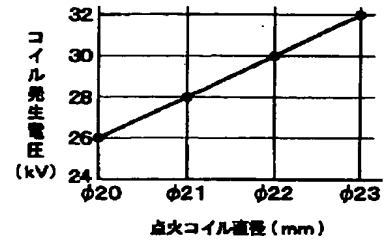
【図6】



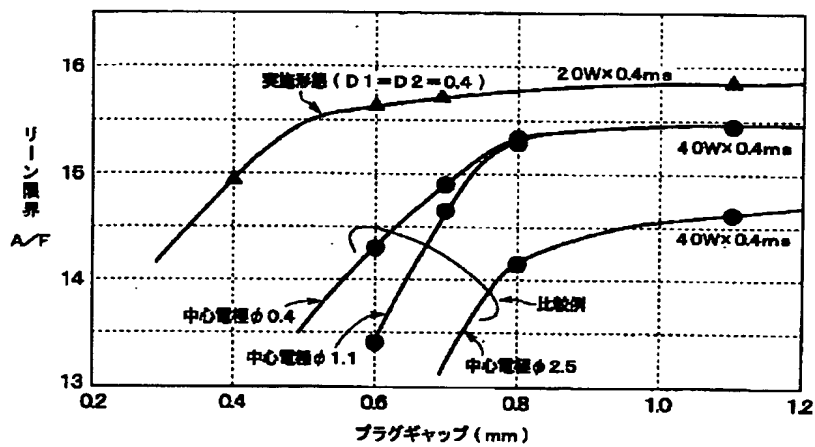
【図3】



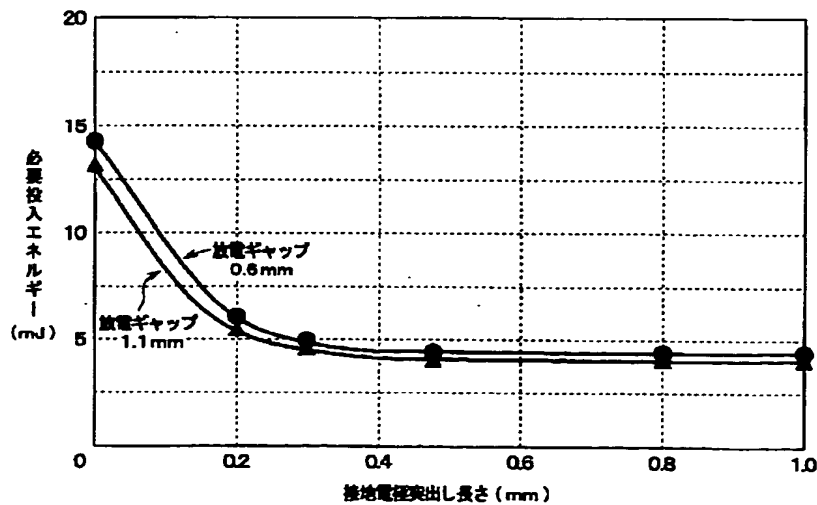
【図7】



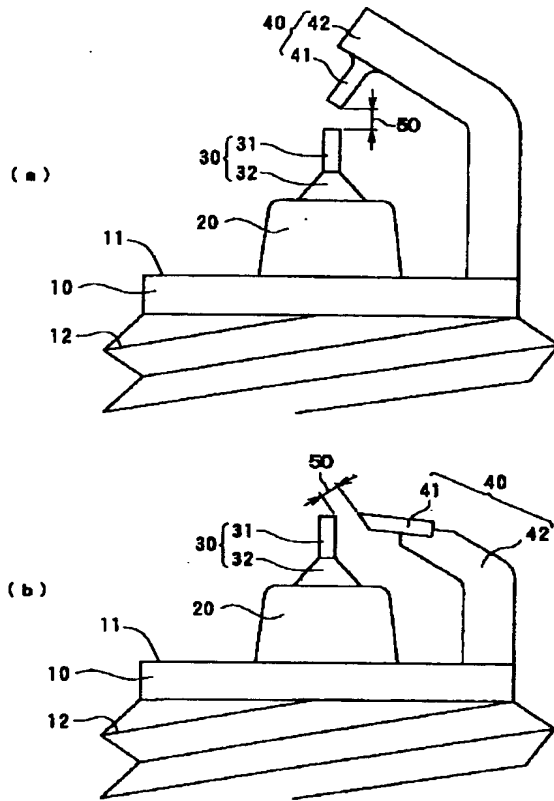
【図4】



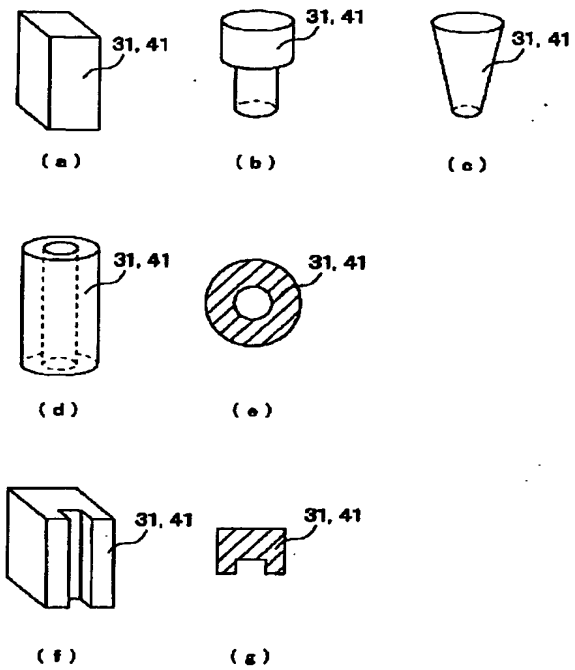
【図8】



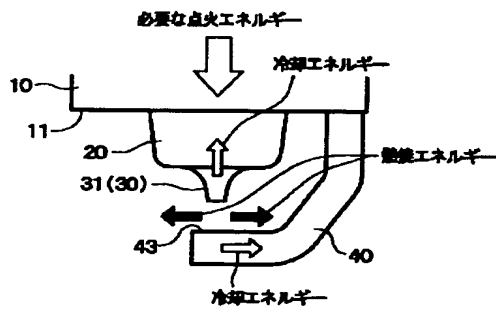
【図9】



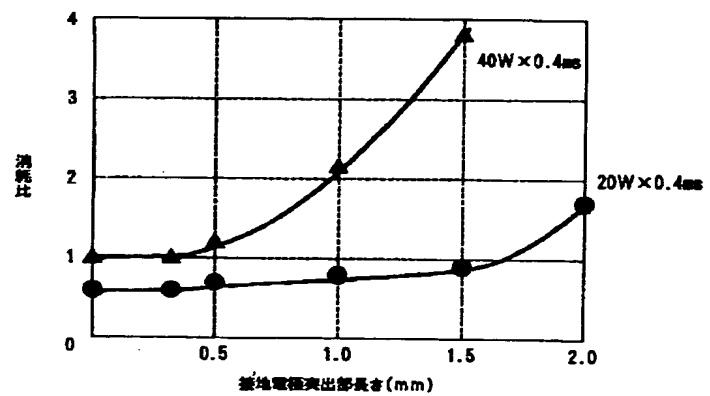
【図10】



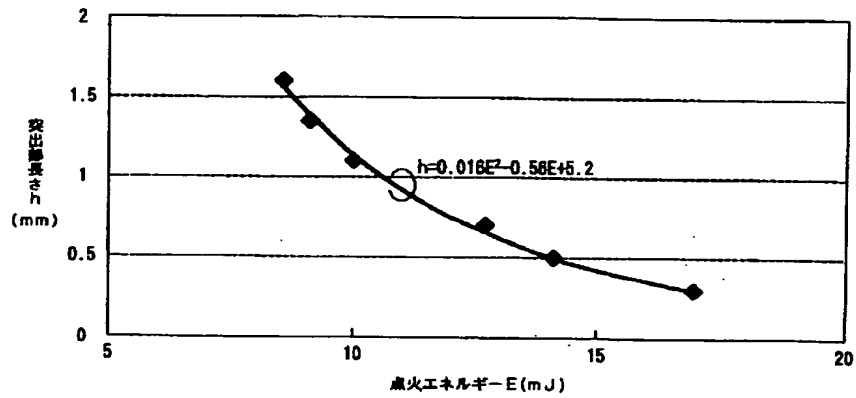
【図11】



【図12】



【図13】



フロントページの続き

(72)発明者 吉永 融
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
(72)発明者 金生 啓二
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内

(72)発明者 岡部 伸一
愛知県西尾市下羽角町岩谷14番地 株式会
社日本自動車部品総合研究所内
Fターム(参考) 3G019 KA01
5G059 AA01 AA04 CC02 DD20 EE11
EE20 EE21 KK14

(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2002-313524
(P2002-313524A)

(43)公開日 平成14年10月25日(2002. 10. 25)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テーマコード [*] (参考)
H 0 1 T 13/32		H 0 1 T 13/32	5 G 0 5 9
13/20		13/20	E
13/39		13/39	
21/02		21/02	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 11 頁)

(21)出願番号 特願2001-350443(P2001-350443)
(22)出願日 平成13年11月15日(2001. 11. 15)
(31)優先権主張番号 特願2001-32474(P2001-32474)
(32)優先日 平成13年2月8日(2001. 2. 8)
(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000004260
株式会社デンソー
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地
(72)発明者 金生 啓二
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
(72)発明者 堀 恒円
愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会
社デンソー内
(74)代理人 100100022
弁理士 伊藤 洋二 (外2名)

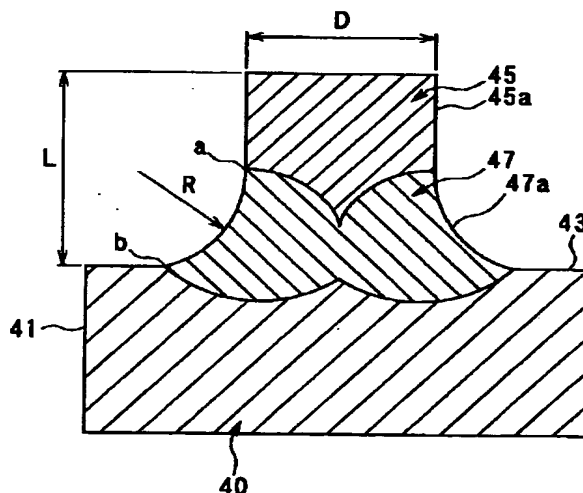
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 スパークプラグおよびその製造方法

(57)【要約】

【課題】 接地電極に貴金属チップをレーザ溶接して成るスパークプラグにおいて、着火性を適切に確保しつつ、接地電極と貴金属チップとの接合性を向上させる。

【解決手段】 その一端側が接地電極40にレーザ溶接された貴金属チップ45は、他端側の先端面の断面積が0.12mm²以上1.15mm²以下であって接地電極40からの突出長さLが0.3mm以上1.5mm以下のものであり、接地電極40と貴金属チップ45とが溶け込み合った溶融部47において、貴金属チップ45の側面45aと接地電極40における貴金属チップ45の接合面43とを結ぶ外面47aが、曲率半径Rを有して凹んだ曲面形状となっている。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 放電ギャップ(50)を介して対向配置された中心電極(30)および接地電極(40)と、前記接地電極における前記放電ギャップに面する部位(43)にレーザ溶接された貴金属チップ(45)とを備えるスパークプラグにおいて、前記貴金属チップは、その一端側が前記接地電極にレーザ溶接され、他端側の先端面の断面積が 0.12mm^2 以上 1.15mm^2 以下であって前記接地電極からの突出長さ(L)が 0.3mm 以上 1.5mm 以下であり、前記接地電極と前記貴金属チップとが溶け込み合った溶融部(47)において、前記貴金属チップの側面(45a)と前記接地電極における前記貴金属チップの接合面(43)とを結ぶ外面(47a)が、曲率半径(R)を有して凹んだ曲面形状となっていることを特徴とするスパークプラグ。

【請求項2】 前記曲率半径(R)は、前記貴金属チップ(45)の前記接地電極(40)と接している断面の最大幅をDとすると、 $D/4$ 以上 $3D/4$ 以下であることを特徴とする請求項1に記載のスパークプラグ。

【請求項3】 前記貴金属チップ(45)は、Irを主成分としRh、Pt、Ni、W、Pd、Ru、Osの少なくとも一つが添加された合金であることを特徴とする請求項1または2に記載のスパークプラグ。

【請求項4】 前記貴金属チップ(45)は、Irを主成分とし、50重量%以下のRh、50重量%以下のPt、40重量%以下のNi、30重量%以下のW、40重量%以下のPd、30重量%以下のRu、20重量%以下のOsの少なくとも一つが添加された合金であることを特徴とする請求項3に記載のスパークプラグ。

【請求項5】 前記貴金属チップ(45)は、Ptを主成分としIr、Ni、Rh、W、Pd、Ru、Osの少なくとも一つが添加された合金であることを特徴とする請求項1または2に記載のスパークプラグ。

【請求項6】 前記貴金属チップ(50、60)は、Ptを主成分とし、50重量%以下のIr、40重量%以下のNi、50重量%以下のRh、30重量%以下のW、40重量%以下のPd、30重量%以下のRu、20重量%以下のOsの少なくとも一つが添加された合金であることを特徴とする請求項5に記載のスパークプラグ。

【請求項7】 前記溶融部(47)における前記貴金属チップ(45)の成分は、35重量%以上80重量%以下であることを特徴とする請求項3ないし6のいずれか一つに記載のスパークプラグ。

【請求項8】 中心電極(30)および接地電極(40)を放電ギャップ(50)を介して対向配置するとともに、前記接地電極における前記放電ギャップに面する部位に貴金属チップ(45)をレーザ溶接してなるスパークプラグの製造方法において、

前記貴金属チップの一端面(45b)を、前記接地電極に埋没させることなく前記接地電極の表面(43)に接触させ、

続いて、前記貴金属チップの側面(45a)と前記接地電極の表面とがなす角部(49)に対して、これら貴金属チップの側面及び接地電極の表面とは斜めの方向から、レーザ照射を行い、前記貴金属チップと前記接地電極とを溶融させることを特徴とするスパークプラグの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、中心電極および接地電極を放電ギャップを介して対向配置するとともに、接地電極における放電ギャップに面する部位に貴金属チップをレーザ溶接してなるスパークプラグおよびその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】この種のスパークプラグは、内燃機関の点火栓として用いられるが、排気浄化や希薄燃焼の観点より、放電ギャップに面する電極面にPt(白金)合金やIr(イリジウム)合金等の耐消耗性に優れた貴金属よりなる貴金属チップを設け、それによって、着火性や耐久性の向上を図っている。

【0003】ここで、電極母材と貴金属チップとの接合性向上の策として、従来より、特開平11-233233号公報や特開平9-106880号公報に記載されているようなレーザ溶接を用いた手法が提案されている。

【0004】前者公報は、電極母材の先端部を細径化し、この細径化された部分に貴金属チップをレーザ溶接するものであり、後者公報は、電極母材に貴金属チップを埋め込んでチップ周囲に電極母材の盛り上がった部分を形成し、この盛り上がり部とチップとをレーザ溶接するものである。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、本発明者等の検討によれば、上記従来公報に記載の手法を用いた場合、中心電極と貴金属チップとの接合においては、実用レベルの接合性を確保できるが、接地電極と貴金属チップとの接合においては、接合部から剥離が生じ、最悪チップが脱落してしまうことがわかった。

【0006】これは、スパークプラグの内燃機関への取付形態において、接地電極が中心電極に比べて燃焼室内に突出しているためであり、それによって、接地電極の方が中心電極よりも電極温度が高くなり、貴金属チップと電極母材との間すなわち溶融部に発生する熱応力が大きくなるためである。

【0007】そのため、貴金属チップを接地電極にレーザ溶接するにあたって、上記した従来手法以上に接合性を良好なものとする必要がある。ただし、貴金属チップと接地電極との接合性を向上させるにあたっては、当該

接合性のみでなく着火性も考慮して検討していくことが必要である。

【0008】そこで、本発明は上記問題に鑑み、接地電極に貴金属チップをレーザ溶接して成るスパークプラグにおいて、着火性を適切に確保しつつ、接地電極と貴金属チップとの接合性を向上させることを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】本発明者等は、上記の着火性の確保及び接合性の向上化について、鋭意検討を行った。まず、着火性については、貴金属チップは、その径が細いほど、また、接地電極からの突出長さが長いほど、放電ギャップにて発生する火炎核の成長を阻害しにくいことに着目し、火炎核の成長を阻害せずに良好な着火性を確保可能な貴金属チップの径および接地電極からの突出長さについて実験検討を行った。

【0010】また、接地電極と貴金属チップとの接合性については、上記従来手法による貴金属チップのレーザ溶接構造を中心電極に適用した場合に、中心電極とチップとの溶融部に発生する熱応力（中心電極側熱応力）を基準として考えた。これは、上述したように、従来手法により発生する中心電極側熱応力のレベルであれば、実用レベルの電極母材とチップとの接合性を確保できるためである。

【0011】そして、接地電極とチップとのレーザ溶接構造における溶融部の熱応力（接地電極側熱応力）が、上記中心電極側熱応力を超えないような接地電極とチップとのレーザ溶接構造を実現すれば、上記目的を達成することができると考えた。

【0012】ここで、上記従来公報のスパークプラグにおいては、溶融部におけるチップの軸方向に沿った断面をみたとき、貴金属チップの側面と電極母材における貴金属チップの接合面とを結ぶ溶融部の外面が直線状となっている（図3参照）。このような溶融部形状に対して、溶融部を更に細いものとすれば、溶融部に発生する熱応力を小さくし、接地電極と貴金属チップとの接合性を向上させることができるのではないかと考えた。

【0013】本発明は、上記したような着火性の確保及び接合性の向上化に関する検討に基づいてなされたものである。

【0014】すなわち、請求項1に記載の発明においては、貴金属チップ（45）を、その一端側が接地電極（40）にレーザ溶接され、他端側の先端面の断面積が 0.12mm^2 以上 1.15mm^2 以下であって接地電極からの突出長さ（L）が 0.3mm 以上 1.5mm 以下とし、接地電極と貴金属チップとが溶け込み合った溶融部（47）において、貴金属チップの側面（45a）と接地電極における貴金属チップの接合面（43）とを結ぶ外面（47a）が、曲率半径（R）を有して凹んだ曲面形状となっていることを特徴としている。

【0015】上記した着火性と貴金属チップの径および

接地電極からの突出長さとの関係に関する実験検討の結果、レーザ溶接された他端側の先端面の断面積が 1.15mm^2 以下であって接地電極からの突出長さ（L）が 0.3mm 以上の貴金属チップであれば、火炎核の成長を阻害せずに良好な着火性を確保できることが実験的に確認できた。

【0016】一方、貴金属チップにおいて、上記断面積が 0.12mm^2 より細いと火花が集中して消耗性が悪化し、接地電極からの突出長さが 1.5mm よりも長いとチップ先端の温度が大きく上昇し溶融しやすくなってしまう。このことから、貴金属チップを、本発明のような断面積および接地電極からの突出長さを有するものとすれば、着火性を適切に確保することができる。

【0017】また、溶融部に発生する熱応力を小さくするために溶融部形状を検討した結果、貴金属チップ（45）の側面（45a）と接地電極（40）における貴金属チップの接合面（43）とを結ぶ溶融部（47）の外面（47a）が、曲率半径（R）を有して凹んだ曲面形状となるようにすれば、溶融部において接合に要する容積を確保しつつ、溶融部をできるだけ細いものにできると考えた。

【0018】そして、実際に、上記形状をなす溶融部について解析したところ、当該溶融部に発生する熱応力は、従来手法により発生する中心電極側熱応力以下に抑制できることが確認できた。

【0019】従って、以上のような検討結果に基づいてなされた本発明によれば、着火性を適切に確保しつつ、接地電極と貴金属チップとの接合性を向上させたスパークプラグを提供することができる。

【0020】さらに、請求項1に記載の溶融部（47）における曲率半径（R）について、従来手法により発生する中心電極側熱応力を基準にして解析したところ、当該曲率半径が 0.1mm より小であるか、 1.0mm より大であると、溶融部に加わる熱応力が、上記中心電極側熱応力のレベルを超えやすくなってしまったことがわかった（図8（a）参照）。

【0021】このことから、曲率半径（R）は、 0.1mm 以上 1.0mm 以下であることが好ましいが、実際に貴金属チップ（45）を接地電極（40）にレーザ溶接すると、曲率半径（R）を小さくしようとすると、溶融部（47）の溶け込み深さ（d）が十分でなくなる（図8（b）参照）。

【0022】そこで、実験および解析を行った結果、請求項2に記載の発明のように、曲率半径（R）を、貴金属チップ（45）の接地電極（40）と接している断面の最大幅をDとして、 $D/4$ 以上 $3D/4$ 以下の範囲とすることが、上記請求項1の発明の効果を発揮しつつ貴金属チップの接合性を確保するためには好ましい。

【0023】また、請求項3～請求項6の発明は、上記請求項1または請求項2に記載の貴金属チップの具体的

構成を提供するものである。請求項3に記載の発明では、Irを主成分としRh、Pt、Ni、W、Pd、Ru、Osの少なくとも一つが添加された合金であることを特徴とする。

【0024】より具体的には、請求項4に記載の発明のように、貴金属チップ(45)は、Irを主成分とし、50重量%以下のRh、50重量%以下のPt、40重量%以下のNi、30重量%以下のW、40重量%以下のPd、30重量%以下のRu、20重量%以下のOsの少なくとも一つが添加された合金であるものにする事ができる。

【0025】また、請求項5に記載の発明のように、貴金属チップ(45)は、貴金属チップ(45)は、Ptを主成分としIr、Ni、Rh、W、Pd、Ru、Osの少なくとも一つが添加された合金であるものであっても良い。

【0026】より具体的には、請求項6に記載の発明のように、貴金属チップ(45)は、Ptを主成分とし、50重量%以下のIr、40重量%以下のNi、50重量%以下のRh、30重量%以下のW、40重量%以下のPd、30重量%以下のRu、20重量%以下のOsの少なくとも一つが添加された合金であるものにする事ができる。

【0027】上記した貴金属チップを採用することで、耐消耗性に優れた高融点組成を有する貴金属チップを実現することができ、将来の熱負荷の厳しいエンジンでも、十分に寿命を確保できる。そして、上記請求項1および請求項2の発明は、このような貴金属チップを採用した場合にも、適切に効果を発揮する。

【0028】貴金属チップとして、このようなIr合金チップやPt合金チップを用いた場合、溶融部における貴金属チップの成分について解析した。その結果、請求項7に記載の発明のように、溶融部(47)における貴金属チップ(45)の成分が、35重量%以上80重量%以下であれば、溶融部に加わる熱応力を、基準となる上記中心電極側熱応力を越えないレベルに抑制できることがわかった。

【0029】ここで言う溶融部における貴金属チップの成分比の定義は、以下のようである。溶融部内の任意の箇所において、50 μ m四方の領域を10箇所について成分分析を行い、その平均値とする。レーザ溶接では、実際は均一な成分比とはならず、多少ばらつきを持っているが、10箇所の平均値をとる方法によれば、全体を均一な組成とみなして良いことを、エンジン評価やベンチ評価で確認済みである。

【0030】また、請求項8に記載の発明では、中心電極(30)および接地電極(40)を放電ギャップ(50)を介して対向配置するとともに、接地電極における放電ギャップに面する部位に貴金属チップ(45)をレーザ溶接してなるスパークプラグの製造方法において、

貴金属チップの一端面(45b)を、接地電極に埋没させることなく接地電極の表面(43)に接触させ、続いて、貴金属チップの側面(45a)と接地電極の表面とがなす角部(49)に対して、これら貴金属チップの側面及び接地電極の表面とは斜めの方向から、レーザ照射を行い、貴金属チップと接地電極とを溶融させることを特徴としている。

【0031】本発明によれば、請求項1〜請求項7に記載のスパークプラグを適切に製造し得るスパークプラグの製造方法を提供することができる。

【0032】なお、上記各手段の括弧内の符号は、後述する実施形態に記載の具体的手段との対応関係を示す一例である。

【0033】

【発明の実施の形態】以下、本発明を図に示す実施形態について説明する。図1は本発明の実施形態に係るスパークプラグS1の全体構成を示す半断面図である。このスパークプラグS1は、自動車用エンジンの点火栓等に適用されるものであり、該エンジンの燃焼室を区画形成するエンジンヘッド(図示せず)に設けられたネジ穴に挿入されて固定されるようになっている。

【0034】スパークプラグS1は、導電性の鉄鋼材料(例えば低炭素鋼等)等よりなる円筒形状の取付金具10を有しており、この取付金具10は、図示しないエンジンブロックに固定するための取付ネジ部11を備えている。取付金具10の内部には、アルミナセラミック(Al_2O_3)等からなる絶縁体20が固定されており、この絶縁体20の先端部21は、取付金具10の一端から露出するように設けられている。

【0035】絶縁体20の軸孔22には中心電極30が固定されており、この中心電極30は取付金具10に対して絶縁保持されている。中心電極30は、例えば、内材がCu等の熱伝導性に優れた金属材料、外材がNi基合金等の耐熱性および耐食性に優れた金属材料により構成された円柱体で、図1に示すように、その先端面31が絶縁体20の先端部21から露出するように設けられている。

【0036】一方、接地電極40は、例えば、Niを主成分とするNi基合金からなる角柱より構成されており、根元端部42にて取付金具10の一端に溶接により固定され、途中で略L字に曲げられて、先端部41の側面(以下、先端部側面という)43において中心電極30の先端面31と放電ギャップ50を介して対向している。

【0037】ここで、図2に、スパークプラグS1における放電ギャップ50近傍の拡大構成を示す。上記のように放電ギャップ50を介して中心電極30の先端面31と接地電極40の先端部側面43とが対向して配置されており、これら中心及び接地電極30、40における放電ギャップ50に面する部位31、43には、貴金属

チップ35、45がレーザ溶接により接合されている。

【0038】すなわち、中心電極30の先端面31には、貴金属チップ（以下、中心電極側チップという）35が、また、接地電極40の先端部側面43には、貴金属チップ（以下、接地電極側チップという）45が、それぞれ溶接されている。これら両チップは円柱状であり、その一端面側が各電極30、40にレーザ溶接されている。そして、放電ギャップ50は、両チップ35、45の先端部間の空隙であり、例えば0.7mm程度である。

【0039】これら両チップ35、45は、Pt、Pt合金、Ir、Ir合金等の貴金属よりなるものを採用することができる。例えば、Irを主成分としRh、Pt、Ni、W、Pd、Ru、Osの少なくとも一つが添加されたIr合金チップや、Ptを主成分としIr、Ni、Rh、W、Pd、Ru、Osの少なくとも一つが添加されたPt合金チップとすることができる。

【0040】より具体的に、上記Ir合金チップとしては、Irを主成分とし、50重量%以下のRh、50重量%以下のPt、40重量%以下のNi、30重量%以下のW、40重量%以下のPd、30重量%以下のRu、20重量%以下のOsの少なくとも一つが添加された合金であるものにすることができる。

【0041】また、上記Pt合金チップとしては、Ptを主成分とし、50重量%以下のIr、40重量%以下のNi、50重量%以下のRh、30重量%以下のW、40重量%以下のPd、30重量%以下のRu、20重量%以下のOsの少なくとも一つが添加された合金であるものにすることができる。

【0042】本例では、両チップ35、45として、Irを主成分としてRh、Pt、Ru、PdおよびWのうち少なくとも1種が添加された耐消耗性に優れた高融点のIr合金チップを採用している。

【0043】また、これら両チップ35、45のうち中心電極側チップ35と中心電極30との溶接構造は、上記した従来公報に記載の手法により形成されたものを採用することができる。その断面構成を図3に概略的に示す。

【0044】図3に示す様に、溶融部37におけるチップ35の軸方向に沿った断面をみたとき、チップ35の側面35aと中心電極30の先端面（電極母材における貴金属チップの接合面）31とを結ぶ溶融部37の外周37aが直線状となっている。

【0045】一方、接地電極側チップ45と接地電極40との溶接構造において、本実施形態では、次のような独自の構成を有している。図4は、接地電極40側の溶接構造の概略断面構成を示す図である。

【0046】一端側が接地電極40の先端部側面43にレーザ溶接された接地電極側チップ45は、他端側の先端面の断面積が 0.12mm^2 以上 1.15mm^2 以下で

あって且つ接地電極40の先端部側面43からの突出長さLが 0.3mm 以上 1.5mm 以下である。本例では、上記断面積範囲に対応して、直径Dが 0.4mm 以上 1.2mm 以下の円柱形状をなしている。

【0047】そして、接地電極40とチップ45とが溶け込み合った溶融部（溶融固着層）47において、チップ45の側面45aと接地電極40の先端部側面（接地電極におけるチップの接合面）43とを結ぶ外面47aが、曲率半径Rを有して凹んだ曲面形状となっている。

【0048】このような曲率半径Rを有する接地電極40側の溶融部47形状は、次のようにして形成することができる。図5は、接地電極側チップ45と接地電極40との溶接方法を概略断面にて示す説明図である。まず、接地電極側チップ45の一端面45bを、接地電極40に埋没させることなく接地電極40の先端部側面（接地電極の表面）43に接触させる（図5（a）～（c））。

【0049】続いて、当該先端部側面43から外方へ延びるチップ45の側面45aと当該先端部側面43とがなす角部49に対して、これらチップ45の側面45a及び当該先端部側面43とは斜めの方向（図中の白矢印方向）から、レーザ照射を行い、チップ45と接地電極40とを溶融させ、溶融部47を形成する（図5（d）、（e））。

【0050】こうして、図4に示す溶融部47を介した接地電極側チップ45と接地電極40との溶接構造が適切に形成される。なお、例えば、この後、取付金具10に対して接地電極40を溶接固定し、絶縁体20にて被覆された中心電極30を取付金具10内に設置し、接地電極40を変形させる等により放電ギャップ50を形成することにより、図1に示すスパークプラグS1が製造される。

【0051】次に、上記接地電極側チップ45におけるレーザ溶接された他端側の先端面の断面積が、 0.12mm^2 以上 1.15mm^2 以下であって且つ上記突出長さLが 0.3mm 以上 1.5mm 以下とした根拠について述べる。

【0052】貴金属チップは、その径が細いほど、また、接地電極からの突出長さが長いほど、放電ギャップにて発生する火炎核の成長を阻害しにくいと考えられる。そのため、火炎核の成長を阻害せずに良好な着火性を確保可能な貴金属チップの直径および接地電極からの突出長さについて、次のような判定試験を行った。

【0053】上記D、Lを種々変えたスパークプラグS1をエンジンに取り付け、判定方法は、アイドル状態にある空燃比にて、空燃比を大きくしていき、2分間に点火ミスが2回以上発生する空燃比を限界値（着火限界空燃比）とした。評価エンジンは4気筒1.6リットル、エンジン回転数650rpmで実施した。

【0054】なお、限定するものではないが、この判定

試験における中心電極側チップ35としては、例えば、直径 D' が0.4mm、中心電極30の先端面31からの突出長さ L' が0.6mmである円柱体(図3参照)を用い、放電ギャップ50は0.7mmとした。

【0055】この試験結果を図6に示す。着火限界空燃比は大きい方がそれだけ希薄燃焼可能であり、着火性が良くなることを意味する。図6からわかるように、接地電極側チップ45の直径 D が細くなるほど着火性は向上しているが、直径 D が1.3mmに太くなると大幅に着火性が低下している。

【0056】また、接地電極側チップ45の突出長さ L が大きいほど着火性は向上しているが、その向上の度合は0.3mm以上で略飽和している。従って、図6から、良好な着火性を確保可能な接地電極側チップ45としては、直径 D が1.2mm以下(上記断面積が1.15mm²以下に相当)であって接地電極からの突出長さ L が0.3mm以上であることが必要ことがわかる。

【0057】また、耐熱性・耐消耗性に優れた貴金属よりなる接地電極側チップ45といえども、上記直径 D が0.4mm(上記断面積が0.12mm²に相当)より細いと火花が集中して消耗性が悪化する。また、接地電極40からの突出長さ L が1.5mmよりも長いと、チップ45の先端の温度が大きく上昇しチップ45が溶融しやすくなってしまう。

【0058】これらのことから、本実施形態では、接地電極側チップ45を、レーザ溶接された他端側の先端面の断面積が0.12mm²以上1.15mm²以下(本例では直径 D が0.4mm以上1.2mm以下)であって且つ上記突出長さ L が0.3mm以上1.5mm以下であるものとしている。それによって、適切に着火性を確保することができる。

【0059】次に、接地電極40とチップ45とが溶け込み合った溶融部47において、チップ45の側面45aと接地電極40の先端部側面43とを結ぶ外面47aを、曲率半径 R を有して凹んだ曲面形状とした根拠について述べる。

【0060】上記従来公報に記載の手法により、接地電極側チップと接地電極とをレーザ溶接した場合、その溶接構造は上記図3に示した中心電極30の場合と同様の構造となる。

【0061】つまり、図7に示す様に、接地電極40においても、チップ45の側面45aと接地電極40の先端部側面43とを結ぶ溶融部47の外面47aが直線状となる。この場合、中心電極30よりも使用時の温度が高くなる接地電極40においては、接地電極40とチップ45との接合性は実用レベルを満足せず、使用時に接合部から剥離が生じ、最悪チップ45が脱落してしまう可能性が大きい。

【0062】このような溶融部形状に対して、接地電極40側の溶融部47の形状を、上述した曲率半径 R を有

して凹んだ曲面形状をなすものとすれば、当該溶融部47において接合に要する容積を確保しつつ、当該溶融部47をできるだけ細いものにできる。

【0063】また、図7に示す様な従来形状では、チップ45と溶融部47との界面および溶融部47と接地電極40の先端部側面43との界面で、屈曲点が存在し、その箇所強い熱応力が発生する。それに対して、図4に示す様に、溶融部47の外面47aを、上記曲面形状とすることにより、チップ47から溶融部47、接地電極40に渡る面が、なめらかな曲線で構成されるため、そのような応力集中が回避されたと考えられる。

【0064】従って、本実施形態によれば、当該溶融部47に発生する熱応力を小さくし、接地電極40とチップ45との接合性を向上させることができると言える。

【0065】ここで、接地電極40側の溶融部47に発生する熱応力を、どの程度まで小さくするかという基準としては、例えば、上記従来手法によるレーザ溶接構造を中心電極に適用した構造にて発生する熱応力、すなわち、本実施形態のスパークプラグS1における中心電極30側の溶融部37に発生する熱応力(中心電極側熱応力)を採用することができる。

【0066】これは、本スパークプラグS1においては、中心電極30側では、電極とチップとの接合性を実用レベルにて確保できているためである。そして、接地電極40側の溶融部47において、曲率半径 R を変えていったときの当該溶融部47に発生する熱応力(接地電極側熱応力)について、上記中心電極側熱応力を基準としてFEM(有限要素法)解析を行った。

【0067】この溶融部の熱応力解析の結果を図8(a)に示す。ここで、中心電極側及び接地電極側の熱応力を求める場合、チップの直径 D 、 D' を1.2mm、突出長さ L 、 L' を1.0mmとし、溶融部37、47のチップ成分は35重量%とした。これは、接合性の点から最も厳しい仕様である。また、熱応力の発生部位としては、溶融部37、47における電極30、40寄りの部位とした。

【0068】図8(a)では、曲率半径 R を変えていったときの接地電極側熱応力が、中心電極側熱応力レベルを1と規格化した値である応力レベル比として示されている。また、図8(a)中の「従来形状」は、上記図7に示す形状であり、中心電極30側の溶融部35と同一の溶融部形状であるにもかかわらず、発生する熱応力が大きい。これは、使用時において、接地電極40の温度(例えば900℃)が、中心電極30の温度(例えば800℃)よりも高いためである。

【0069】そして、図8(a)において、応力レベル比が1以下となるような曲率半径 R であれば、接地電極40と接地電極側チップ45との接合性は、従来の溶融部形状に比して向上しており、実用レベルを確保できるといえる。つまり、接地電極40側の溶融部47におけ

る曲率半径Rは、0.1mm以上1.0mm以下が好ましい。

【0070】なお、図8(a)によれば、当該曲率半径Rが0.1mmより小であるか、1.0mmより大であると、接地電極側熱応力が、中心電極側熱応力のレベルを超えている。これは、曲率半径Rが0.1mmより小であると溶融部形状が急峻となり熱応力が集中しやすく、また、曲率半径Rが1.0mmより大であると曲率半径Rが大きすぎて従来の溶融部形状との相違が小さくなり、曲率半径Rを付けたことのメリットが無くなるためと考えられる。

【0071】以上のことから、本実施形態では、接地電極40側において、接地電極側チップ45の側面45aと接地電極40の先端部側面43とを結ぶ溶融部47の外側面47aを、曲率半径Rを有して凹んだ曲面形状としている。そして、曲率半径Rは、0.1mm以上1.0mm以下が好ましい。

【0072】さらに、図8(b)は、接地電極側チップ45の接地電極40と接している断面を示す図であるが、実際に、接地電極側チップ45を接地電極40にレーザ溶接する場合、曲率半径Rを小さくしようとすると、溶融部47の溶け込み深さdが十分でなくなる。

【0073】接地電極側チップ45と接地電極40との接合性を確保するという点から、溶融部の溶け込み深さdは、 $D/4$ 以上必要であることが実験的に確認されている。ここで、Dは、図8(b)に示すように、接地電極側チップ45の接地電極40と接している断面の最大幅であるが、本例では、円柱状である接地電極側チップ45の直径に相当する。

【0074】しかし、溶け込み深さdを大きくしようとすると、溶接エネルギーが大きくなるため、図8(b)に示すナゲット幅Wが大きくなる。すると、曲率半径Rも大きくなってしまい、曲率半径Rを付けたことのメリットが小さくなる。一方、曲率半径Rを小さくしようとすると、ナゲット幅Wも小さくなり、上記溶け込み深さdも小さくなってしまい、接合性確保が困難になる。

【0075】そこで、最低限必要な溶け込み深さdの値、すなわち $d=D/4$ となるとき曲率半径Rが、接合性を確保するための下限値となる。本例の接地電極側チップ45のDは0.4mm以上1.2mm以下であるが、この範囲のDについて $d=D/4$ となるとき曲率半径Rを実験的に求めると、 $R=D/4$ ($D \times 1/4$) となる。

【0076】また、FEM解析の結果から、曲率半径Rを付けたことのメリットを発揮するためには、上記Dは $3D/4$ ($D \times 3/4$) 以下であることが好ましい。よって、上記曲率半径Rによる効果を発揮しつつ貴金属チップの接合性を確保するためには、接地電極側チップ45の接地電極40と接している断面の最大幅をDとして、 $D/4$ 以上 $3D/4$ 以下の範囲とすることが好まし

い。

【0077】また、本実施形態においては、接地電極側チップ45として、上記したPt、Pt合金、Ir、Ir合金等のチップを採用しているが、この場合、溶融部47におけるチップ45の成分が、35重量%以上80重量%以下であることが好ましい。

【0078】このことは、次に述べる検討結果を根拠とするものである。溶融部47は、接地電極側チップ45と接地電極(Ni基合金)40とが溶け込みあったものであるが故、その溶融組成によっても、接合性が変わってくる。そこで、溶融部47における接地電極側チップ45の成分と熱応力との関係についてFEM解析を実施した。

【0079】この解析結果の一例を図9に示す。図9は、接地電極側チップ45として上記Ir合金チップを採用した例であり、溶融部47中のIr合金成分比(重量%)と、上記応力レベル比(中心電極側熱応力を1としたときの接地電極側熱応力の値)との関係を示している。また、接地電極側熱応力は、上記図4中の溶融部47におけるa点(チップと溶融部との界面部)、b点(溶融部と接地電極との界面部)を求め、図9中、a点を黒丸プロット、b点を白丸プロットとして示してある。

【0080】ここで、図9においても、中心電極側熱応力を基準としているが、この場合、両チップ35、45の直径D、D'及び、突出長さL、L'は同一寸法とした。また、中心電極30側の溶融部37のチップ成分は、中心電極30側において実用レベルの接合性を満足する下限値(本例では35重量%)とした。また、両チップ35、45の材質は、限定するものではないが、本例ではIrが90重量%、Rh10重量%のものとした。

【0081】図9から、a点(チップと溶融部との界面部)側の熱応力を、基準となる中心電極側熱応力以下とするためには、35重量%以上が好ましく、また、b点(溶融部と接地電極との界面部)側の熱応力を、基準となる中心電極側熱応力以下とするためには、80重量%以下が好ましいことがわかる。

【0082】なお、接地電極側チップ45は、接地電極40よりも放電ギャップ50側へ突き出ており、接地電極(電極母材)40よりも温度が高くなるため、チップ45と溶融部47との界面の方が、溶融部47と接地電極40との界面よりも、発生する熱応力が大きくなる。そのため、溶融部47のチップ成分比を調整するにあたっては、チップ45寄りの部位を中心に調整することが好ましいと考えられる。

【0083】以上述べてきたように、本実施形態によれば、上記のように、接地電極側チップ45における寸法D、Lおよび溶融部47の形状が規定されたレーザ溶接構造を採用することにより、着火性を適切に確保しつ

つ、接地電極と貴金属チップとの接合性を向上させたスパークプラグを提供することができる。

【0084】また、本実施形態によれば、上記図5に示した製造方法によって、本実施形態のレーザ溶接構造を適切に製造することができる。また、本製造方法によれば、上記従来公報に記載されているような、電極母材を加工して細径部を形成したり、電極母材に貴金属チップを埋め込んだりするという手間がかからないので、簡便な製造方法とすることができる。

【0085】(他の実施形態)なお、本発明は、図10に示すような、中心電極30と火花ギャップすなわち放電ギャップ50を形成する主接地電極40に加え、絶縁体20の先端部21に対向している副接地電極40aを有するスパークプラグに対しても適用することができる。ここで、図10において、(a)は主接地電極40の側面方向から火花放電部を見た図であり、(b)は(a)のA矢視図である。

【0086】図10に示すスパークプラグにおいて、主接地電極40およびこれにレーザ溶接された貴金属チップ45に対して、上記実施形態と同様の構成を採用すれば、着火性を適切に確保しつつ、接地電極と貴金属チップとの接合性を向上させるとともに、耐カーボン汚損性も確保したスパークプラグを提供することができる。

【0087】また、上記実施形態における接地電極40の母材として、インコネル600(登録商標)などのNi基合金にAlを1.5重量%以上添加したものを用いると、高着火性を有し、かつ耐熱耐酸化性に優れたスパークプラグを提供することができる。

【0088】また、耐熱耐酸化性を向上させるためには、図11(a)に示すように、内部に良熱伝導材としてのCu材40bを有し、このCu材40bをNi基合金からなる被覆材40cにて被覆してなる接地電極40としても良い。さらには、図11(b)に示すように、良熱伝導材を、Ni材40dを芯材としてCu材40bにて被覆した2層構造とし、これを被覆材40cにて被覆してなる接地電極40としても良い。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の実施形態に係るスパークプラグの全体構成を示す半断面図である。

【図2】図1に示すスパークプラグにおける放電ギャップ近傍の拡大構成図である。

【図3】図1に示すスパークプラグにおける中心電極側のチップ溶接構造を示す概略断面図である。

【図4】図1に示すスパークプラグにおける接地電極側のチップ溶接構造を示す概略断面図である。

【図5】接地電極側チップと接地電極との溶接方法を示す説明図である。

【図6】接地電極側チップの形状と着火性との関係についての解析結果を示す図である。

【図7】接地電極側のチップ溶接構造における従来形状を示す概略断面図である。

【図8】(a)は、曲率半径Rを変えていったときの溶融部に発生する熱応力についての解析結果を示す図であり、(b)は、溶融部の溶け込み深さdとナゲット幅Wを表すために、貴金属チップの接地電極と接している断面を示す図である。

【図9】溶融部におけるIr合金チップの成分と熱応力との関係についての解析結果を示す図である。

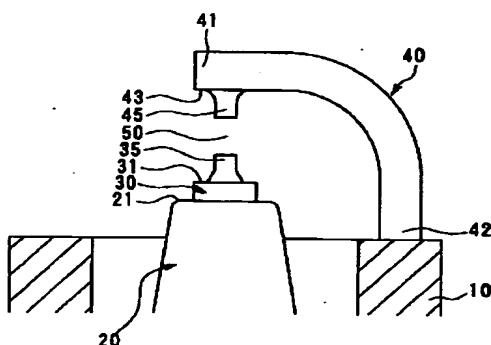
【図10】主接地電極と副接地電極とを備えた本発明の他の実施形態としてのスパークプラグの要部を示す図である。

【図11】複数の層構造からなる接地電極を備えた本発明の他の実施形態としてのスパークプラグの要部を示す概略断面図である。

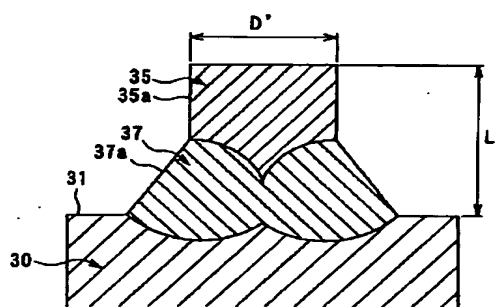
【符号の説明】

30…中心電極、40…接地電極、43…接地電極の先端部側面、45…接地電極側チップ、45a…接地電極側チップの側面、45b…接地電極側チップの一端面、47…接地電極側の溶融部、47a…接地電極側チップの側面と接地電極の先端部側面とを結ぶ溶融部の外面、50…放電ギャップ。

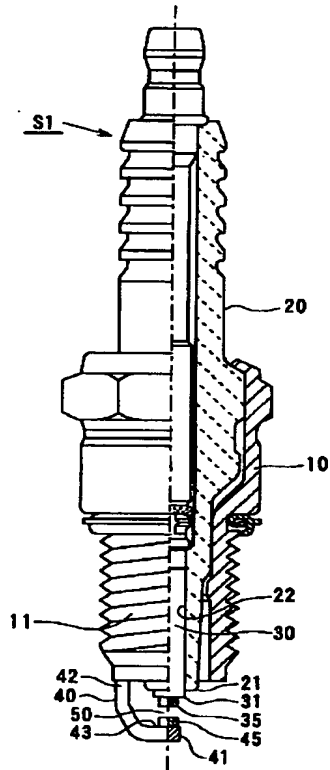
【図2】



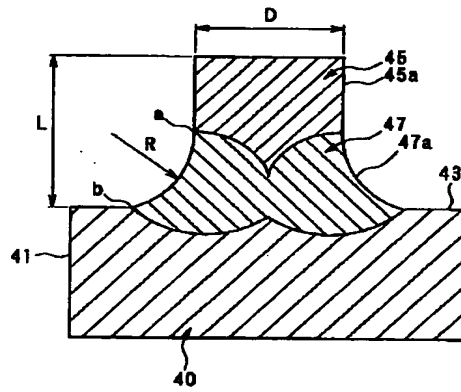
【図3】



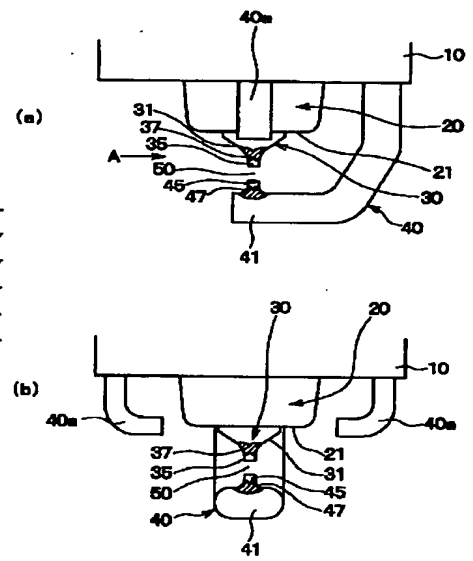
【図 1】



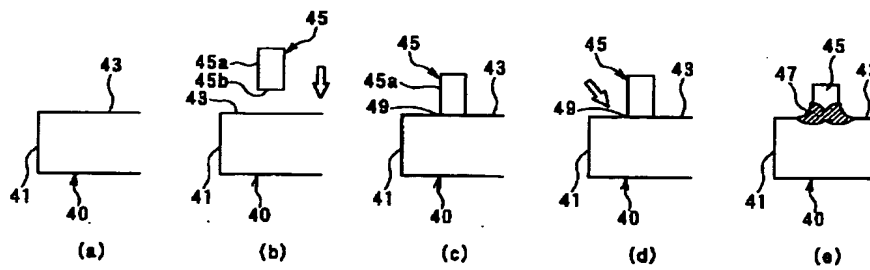
【図4】



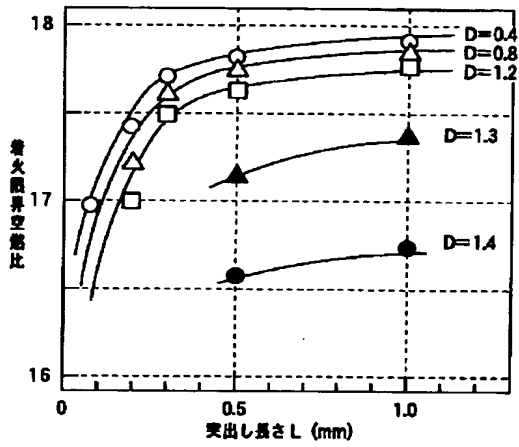
【☒10】



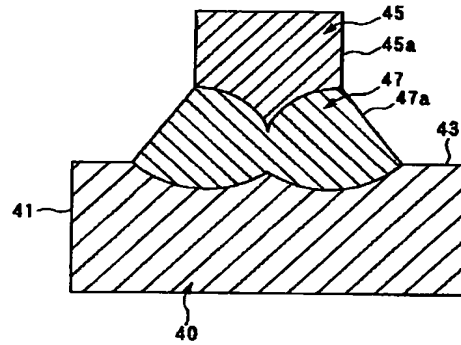
【図5】



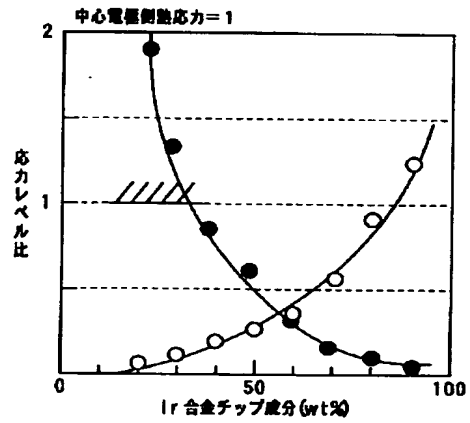
【図6】



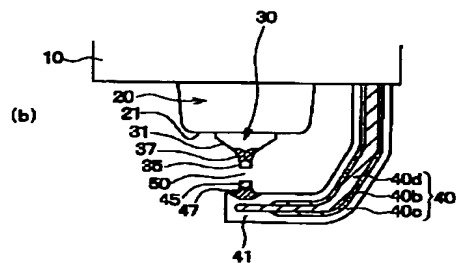
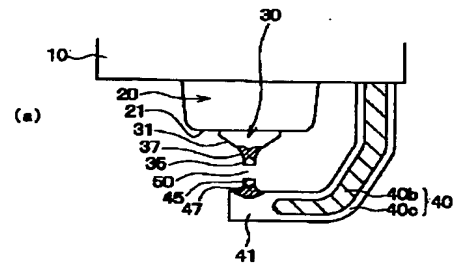
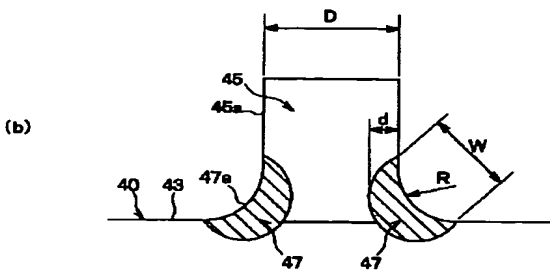
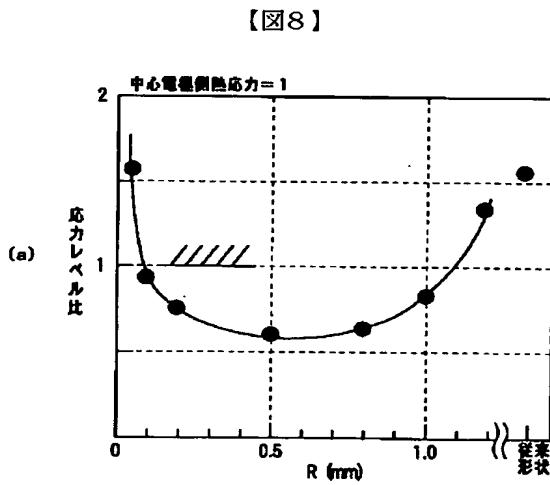
【図7】



【図9】



【図11】



(註 1)) 02-313524 (P2002-31JL8

フロントページの続き

Fターム(参考) 5G059 AA04 CC02 CC05 DD11 EE11
EE19